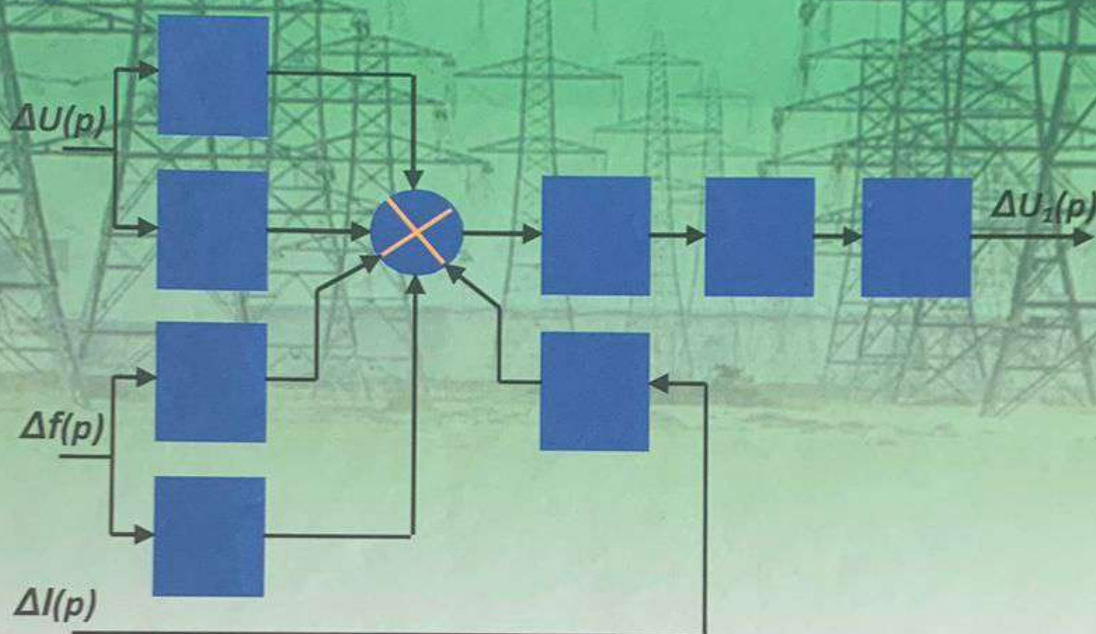


N.A. YUSİFBƏYLİ
H.B. QULİYEV

ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNİN AVTOMATİKASI

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ

N.A. YUSİFBƏYLİ, H.B. QULİYEV

ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNİN AVTOMATİKASI

Ali məktəblər üçün

D Ə R S L İ K

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye
Universitetinin 27 mart 2017-ci il tarixli
01-1/16 saylı əmri ilə
təsdiq edilmişdir

B A K I - 2017

UOT 621.311

N.A.Yusifbəyli, H.B.Quliyev
Elektrik sistemlərinin avtomatikası. Dərslik, Bakı, ADNSU-nun nəşriyyatı, 2017, 460 səh.

Elmi redaktor: AMEA-nın həqiqi üzvü,
t.e.d.,prof. A.M.Həşimov
(Az ET və LAEİ)

Rəyçilər: AMEA-nın müxbir üzvü,
t.e.d., prof. F.İ.Məmmədov, (SDU)
t.e.d., prof. Q.Ə.Rüstəmov, (ATU)
t.e.d., prof. Ə.M.Kuliyev, (ADNSU)
t.e.d., prof. T.M.Lazımov, (ATU)

Kitabda enerjisistemdə tətbiq olunan avtomatik idarəetmə və tənzimləmə qurğuları haqqında məlumatlar verilir. Sinxron maşınların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi, onların paralel işə qoşulma üsul və avtomatikaları, avtomatik təkrarqoşma, ehtiyatın avtomatik qoşulması, tezlikdən yükaçma avtomatikası, aktiv gücün və tezliyin avtomatik tənzimlənməsi, əks-qəza avtomatikası, mikroprosessorlu avtomatik idarəetmə və digər məsələlərə baxılmışdır.

Dərslik elektroenergetika ixtisasları üzrə təhsil alan ali məktəb tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur, həmçinin elektrik stansiya və şəbəkələrində çalışan mütəxəssislər üçün də faydalı ola bilər.

*Dərslik energetika sənayesi üçün avadanlıqlar və onların idarəetmə sistemlərinin istehsalı sahəsində ixtisaslaşmış Fransanın məşhur “***Schneider Electric***” şirkətinin sponsorluğu ilə dərc olunmuşdur.*

Redaktorlar: t.e.n. V.X.Nəsibov, t.e.n.A.R.Babayeva
Korrektor: E.Ə.Şükürlü
Kompüterdə işləyəni: D.X.Şəfiyeva

Qrifli nəşr

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, 2017



Kitabın çapa hazırlanması əsnasında erməni qatilləri tərəfindən 2 yaşlı ZƏHRA QULİYEVA və nənəsi SAHİBƏ QULİYEVANIN faciəli şəkildə qətlə yetirilməsi xəbərini aldıq. Son zamanlar ordumuzun güclənməsi və uğurlu əməliyyatların keçirilməsi Ermənistan hakimiyyəti və ordusu tərəfindən insanlığa sığmayan hərəkətlərlə müşaiyət olunduğunun şahidi oluruq. Bu hadisə bütün Azərbaycanı və Azərbaycanın haqlı mövqeyini dəstəkləyənlərin üzüntüsünə səbəb oldu. Qatillərin tezliklə cəzalandırılmasını arzulayaraq bu kitabı 2 yaşlı ZƏHRA və nənəsinin timsalında ermənilər tərəfindən qətlə yetirilən günahsız körpələrin əziz xatirəsinə ithaf edirik.

Allah Rəhmət eləsin!

M Ü N D Ə R İ C A T

FƏSİL 3. Sinxron generatorların avtomatik paralel işə qoşulması

FƏSİL 4. Tezliyin və aktiv gücün avtomatik tənzimlənməsi

FƏSIL 5. Avtomatik təkrarqoşma

FƏSİL 6. Ehtiyatın avtomatik qoşulması

FƏSİL 7. Tezlikdən yükaçma avtomatikası

FƏSİL 8. Əks - qəza avtomatikası

FƏSİL 9. Energetikada avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri

FƏSİL 10. Enerjisistemin, elektrik stansiyası və şəbəkələrinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri

FƏSİL 11. Energetikada riyazi modelləşdirmə

FƏSİL 12. Energetikada mikroprosessorlu avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri

ÖN SÖZ

Elektroenergetika sistemlərində avtomatik idarəetmə sistemlərinin tətbiqinə ötən əsrin əvvəllərindən, onların formalaşmağa başlandığı andan başlanılmışdır. Enerjisistemin dinamik və daima proqnozlaşdırılması mümkün olmayan həyəcanlandırıcı təsirlərə məruz qalması avtomatik və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərin tətbiqini şərtləndirmişdir.

Bunları nəzərə alaraq, ali təhsil müəssisələrinin elektroenergetika istiqaməti üzrə təhsil alan bakalavr və magistr pillələrinin tələbələri üçün hazırki "Elektrik sistemlərinin avtomatikası" dərsliyi hazırlanmışdır.

Kitabda elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanmasının texnoloji prosesləri, sistem avtomatikasına dair ümumi məlumatlar, onların iş prinsipi və sxemləri verilmişdir. Avtomatik idarəetmənin ənənəvi texniki vasitələri ilə yanaşı, dərslikdə enerjisistemin hazırkı inkişaf mərhələsində geniş tətbiq olunan müasir mikroprosessorlu avtomatik idarəetmə sistemlərinə geniş yer verilmişdir. Bu baxımdan kitabdan nəinki tələbələr üçün, həmçinin enerjisistemin müvafiq işçi heyətinin ixtisaslarının artırılması məqsədilə də istifadə etmək olar.

Dərslik elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması prosesinin effektivliyinin yüksəldilməsi və dayanıqlığının təmin olunması üçün enerjisistemdə tətbiq olunan müxtəlif avtomatika qurğularının şərhini özündə əks etdirən 13 fəsildən ibarətdir. Materialların mənimsənilmə effektivliyini artırmaq və özünü yoxlamaq məqsədilə hər fəslin sonunda yoxlama sualları verilir.

Dərslik elektroenergetika istiqamətləri üzrə təhsil alan ali məktəb tələbələri üçün nəzərdə tutulur. Eyni zamanda kitab elektrik enerji sektorunda çalışan müvafiq mühəndis-texnik heyət üçün də faydalı ola bilər.

Dərsliyin hazırlanmasında mənəvi dəstək göstərdiklərinə görə ilk növbədə ailə üzvlərimizə dərin minnətdarlığımızı bildi-

rir, eləcə də kitabın daha da zənginləşməsində verdikləri faydalı tövsiyələrinə görə Elmi redaktora və rəyçilərə, redaktorlara, korrektora və kompüter tərtibatçısına təşəkkürümüzü bildiririk. Eyni zamanda 2012-ci ilin əvvəllərindən başlayaraq kitabın hazırlanmağa başlandığı dövrdən hazırkı müddətə qədər yaratdıqları münbit şəraitə görə İqtisadiyyat Nazirliyi, "Azərenerji" ASC, ABOEM üzrə Dövlət Agentliyi, eləcə də ADNSU-nun rəhbərliyinə öz ehtiramımızı bildirir və təşəkkür edirik.

Hazırki "Elektrik sistemlərinin avtomatikası" dərsliyinin dərc edilməsi və Əlavəyə daxil edilmiş materiallarla təmin olunmasında göstərdikləri dəstəyə görə **"Schneider Electric"** şirkətinin Azərbaycan nümayəndiliyinin rəhbərliyinə minnətdarlığımızı bildiririk.

Dərslikdə təbii ki, qüsurlara da rast gəlinə bilər. Müəlliflər əvvəlcədən minnnətdarlıqlarını bildirməklə kitab haqqında qeydlərin növbəti ünvana göndərilməsini xahiş edir: Bakı ş, Azadlıq prospekti 16/21, ADNSU, "Energetika" fakültəsi.

Müəlliflər

GİRİŞ

Hər bir dövlətin elektroenergetika sisteminin qoyuluş güclərinin həcmi, elektrik enerjisinin istehlak strukturu və miqyası, ondan istifadənin effektivlik səviyyəsi, ölkənin iqtisadi potensialının vacib xarakteristikası olmaqla yanaşı, eyni zamanda ölkədə aparılan iqtisadi islahatların dinamikliyinin və həyat səviyyəsinin göstəricisidir. Bu baxımdan elektroenergetika sektorunun inkişafı ötən illərdə olduğu kimi, gələcəkdə də dövlətlərin milli təhlükəsizliyində enerji siyasətinin mühüm komponenti olaraq qalacaqdır.

Qeyd olunan bu əsasları əvvəlcədən görərək, ulu öndər H.Əliyev dövlətin milli təhlükəsizliyində strateji sahə kimi Azərbaycanın dayanıqlı, güclü enerjisistemini yaratmışdır. Bu gün artıq Azərbaycan enerjisistemi 7,5GVt qoyuluş gücü və 7000 km-dən artıq uzunluğa malik inkişaf etmiş sistemtəşkiledici şəbəkəsi olan elektroenergetika sisteminə malikdir.

Ölkə elektroenergetika sisteminin (EES) bundan sonra da davamlı inkişafını təmin etmək məqsədilə, ölkə prezidenti cənab İlham Əliyevin təşəbbüsü əsasında bir sıra vacib Dövlət Proqramları, Strateji Yol Xəritəsi qəbul olunmuşdur. Bu sənədlərdə əksini tapan sahənin inkişaf proqramına uyğun olaraq, 2020-ci ilə ölkə enerjisisteminin qoyuluş gücünün 9GVt səviyyəsinə çatdırılması hədəflənmişdir.

Ümumiyyətlə energetika təsərrüfatı elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi, paylanması və onların idarəetmə sistemlərini nəzərdə tutur. Elektrik stansiyaları, elektrik enerjisinin ötürücü sistemləri və paylayıcı elektrik şəbəkələri, eləcə də onların avtomatik və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri böyük ərazilərdə yerləşmiş elektrik enerji tələbatçıları rejimin və fasiləsiz istehsal prosesinin vahidliyi ilə şərtlənən mürəkkəb təsərrüfat olmaqla özünəməxsus xarakterik xüsusiyyətlərə malikdir.

Elektroenergetikanın digər sənaye sahələrindən əsas fərqli xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, hər bir zaman anında enerji hasilatı

ciddi olaraq onun tələbatı səviyyəsinə uyğun olmalıdır. Ona görə də elektrik enerji tələbatının artması və ya azalması ilə elektrik stansiyalarında onun hasilatı da eyni zamanda artırılmalı və ya azaldılmalıdır.

Elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması proseslərinin fasiləsizliyi və qarşılıqlı asılılığı normal iş rejimində pozuntular yaranan hallarda xüsusilə özünü büruzə verir. Elementlərdən birinin iş rejiminin pozulması enerjisistemin digər elementlərinə və ya hətta bütün elementlərinin işinə təsir edə və bütün istehsal prosesinin pozulmasına səbəb ola bilər.

Enerjisistemin digər vacib xüsusiyyəti, normal rejimin pozulması zamanı baş verən proseslərin cəld və qısamüddətli olmasıdır. Belə hallarda sistemin müvafiq ərazi üzrə əməliyyat-dispetçer heyəti tərəfindən prosesə müdaxilə və onun inkişafının arzuolunan trayektoriya üzrə yönləndirilməsi insanların fizioloji imkanları xaricindədir.

Yuxarıda qeyd olunan bu və digər xüsusiyyətlər enerjisistemin geniş miqyaslı avtomatlaşdırılmasını zəruri etmişdir. Enerjisistemin dayanıqlı inkişafını şərtləndirən meyarlara nail olunması ən qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi əsasında texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasını təmin etmədən mümkün deyildir.

Enerjisistemin avtomatlaşdırılması dedikdə, normal və qəza şəraitlərində rejimlərin (elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması prosesləri) idarə olunmasını həyata keçirən quruluş və sistemlərin tətbiqi başa düşülür. Enerjisistemin avtomatlaşdırılması enerjinin istehsalı, ötürülməsi və paylanmasını həyata keçirən elementlərin normal işləməsi, ümumilikdə enerjisistemin qənaətliliyi və etibarlılığı, elektrik enerjisi və istiliyin keyfiyyət göstəricilərinin tələb olunan normalar hədlərində saxlanılmasını təmin edir. Enerjisistemin gələcək inkişaf strategiyasının əsas istiqamətlərindən biri kimi, texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması eyni zamanda əmək şəraitinin yaxşılaşdırılmasına, istehsal mədəniyyətinin və məhsuldarlığın qeyri-məhdud olaraq yüksəldilməsinə imkan verir.

Elektrik sistemlərinin avtomatikası ötən əsrin əvvəllərindən başlayaraq müxtəlif inkişaf mərhələləri keçərək, elektromexanik relelərdən yarımkeçirici və ardıcıl olaraq inteqrə olunmuş dövrələrə və mikroprosessor texnologiyalarına qədəm qoymuşdur. Ötən əsrin 80-ci illərindən başlayaraq mikroprosessor əsaslı rəqəmsal relelərin ənənəvi releləri əvəzləməsi enerji sistemlərinin idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsinə şərait yaratmışdır. Növbəti on illikdə isə süni intellekt əsaslı texnologiya tətbiq olunmağa başlanılmışdır.

Yuxarıda qeyd olunan inkişaf mərhələləri geniş əraziləri əhatə edən yeni avtomatik idarəetmə konsepsiyalarının formalaşmasını şərtləndirmişdir. Bu konsepsiyanın əsas xətti mühafizə və idarəetmə sistemlərinin geniş ərazilərdə inteqrasiyasından ibarətdir.

Enerjisistemdə tətbiq olunan bütün avtomatik quruluşları iki qrupa bölmək olar: texnoloji və sistem avtomatikası.

Texnoloji avtomatika yerli və lokal olmaqla, enerji obyektlərindəki aqreqatlarda proseslərin idarə olunması, bütünlükdə enerjisistemin rejiminə əhəmiyyətli təsir etməyən yerli parametrlərin verilmiş səviyyədə saxlanması və ya müəyyən olunmuş qanunla idarə olunması funksiyasını yerinə yetirir. Sistem avtomatikası isə, bütün enerjisistemin və ya onun ayrı-ayrı hissələrinin rejiminə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən idarəetmə funksiyasını həyata keçirir.

Funksional təyinatına görə elektrik enerjisinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması proseslərinin avtomatik idarə olunmasını həyata keçirən texniki vasitələri normal və qəza rejimlərinin idarə olunması avtomatikalarına bölmək olar.

Normal rejimlərin idarə olunması avtomatikası aşağıdakıları təmin edir:

- Turbin-generator enerjibloklarının avtomatik işə buraxılması və sinxron generatorların paralel işə qoşulması (sinxronlaşdırılması);

- Elektrik stansiyası şinlərində gərginliyin və sinxron generatorların reaktiv güclərinin verilmiş səviyyədə avtomatik saxlanması;
- Gərginlik və reaktiv güc üzrə EES rejimlərinin avtomatik idarə olunması;
- Sinxron işləyən generatorların fırlanma tezliyinin və aktiv gücün avtomatik idarə olunması;
- EES-in təsadüfi dəyişən elektrik yükünün elektrik stansiyaları və onların enerji blokları arasında avtomatik optimal paylanması.

Normal rejimin idarəetmə avtomatikasının qeyd olunan funksiyaları turbinə daxil olan enerjidaşıyıcıların miqdarının dəyişdirilməsinə avtomatik təsir etməklə, sinxron generatorun açarının müəyyən olunmuş zaman anında və müvafiq şəraitlərdə avtomatik qoşulması ilə, sinxron generator və kompensatorların təsirlənməsinin fasiləsiz idarə olunması (tənzimlənməsi) ilə, transformator və avtotransformatorların yük altında tənzimləmə qurğularının (YAT) diskret idarə olunması ilə, reaktiv güc mənbələrinin (statik kompensatorlar, kondensator batareyaları) avtomatik idarə olunması ilə reaktiv gücün tənzimlənməsi üzrə reallaşdırılır.

Qəza rejimlərinin avtomatik idarə olunmasına rele mühafizəsi qurğuları, ehtiyatın qoşulması, elementlərin təkrar qoşulması (xətt, transformatorlar, şin) kimi şəbəkə avtomatika qurğuları, sinxron maşınlarının təsirlənməsinin sürətləndirilməsi (cəldləşdirilməsi), həmçinin əks-qəza avtomatikası daxildir.

Əks-qəza avtomatikasının idarəedici təsirlərinin köməyilə qısaqapanmalar şəklində böyük həyəcanlandırıcı təsirlər şəraitində tam yüklənmiş və uzun xətlərlə əlaqələndirilən güclü elektrik stansiyalarının paralel işinin dayanıqlığının təmin olunması, enerjisistemin bölünməsi ilə asinxron rejimin aradan qaldırılması, tezliyin yol verilməyən azalmaları səbəbindən qəzanın inkişafının qarşısının alınması üçün tələbatçıların müyyən hissəsinin açılması, tezliyin və gərginliyin avadanlıqlar üçün təhlükəli hədlərə qədər yüksəlmələrinin qarşısının alınması həyata keçirilir.

Təqdim olunan kitab əsasən kütləvi tətbiq olunan sistem avtomatikasını və bəzi texnoloji avtomatika elementlərini özündə əks etdirir.

Kitabda enerjisistemdə baş verən hadisələrin fiziki təbiətinə, həmçinin müasir, xüsusilə mikroprosessorlu avtomatika qurğularının iş prinsipləri və sxemlərinə, eyni zamanda avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinə xüsusi yer verilmişdir.

FƏSIL 1. AVTOMATİK İDARƏETMƏ NƏZƏRİYYƏSİNİN ƏSAS ANLAYIŞ VƏ TƏRİFLƏRİ

1.1 Avtomatik idarəetmə sistemləri haqqında ümumi məlumatlar

Yerinə yetirdiyi funksiyalardan asılı olmayaraq, bütün avtomatik idarəetmə sistemlərini iki qrupa bölmək olar: avtomatik idarəetmə qurğusu və avtomatik tənzimləmə qurğusu.

a) Avtomatik idarəetmə qurğusu

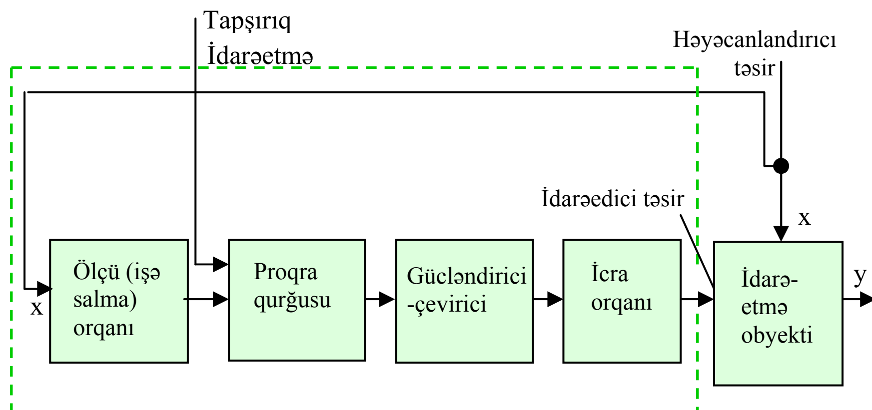
Avtomatik idarəetmə dedikdə, xarici həyəcanlanma təsirlərinin yaranması ilə verilmiş proqram üzrə avtomatika qurğusunun işi nəzərdə tutulur. Xarici həyəcanlanma təsirlərinə idarəetmə obyektlərində hər hansı səbəbdən rejim və ya sxem parametrlərinin dəyişməsi, həmçinin operativ heyət tərəfindən avtomatika qurğusunun işə salınması və s. aiddir.

Avtomatik idarəetmə qurğusu proqram yerinə yetirildikdən, yaxud həyəcanlanma təsiri itdikdən sonra öz işini dayandırır.

Avtomatik idarəetmə qurğuları təyinatından asılı olmayaraq eyni prinsiplə qurulurlar. İdarəetmə qurğusunun struktur sxemi şək. 1.1-də verilmişdir. İdarəetmə qurğusu ölçü (işə salma) orqanı, proqram qurğusu, gücləndirici-çevirici, icraedici orqan kimi əsas elementlərdən ibarətdir.

Həyəcanlanma təsirinin yaranması zamanı ölçü (işə salma) orqanı bu təsirin qiymətini təyin edir və həyəcanlandırıcı təsirin qiyməti ölçü (işə salma) orqanının qoyuluş qiymətinə bərabər qiymətə çatdıqda qurğunun işə salınması yerinə yetirilir. Bu zaman qurğu təyinatına uyğun olaraq həyəcanlanma və idarəedici təsirlərdən verilmiş proqram əsasında işləməyə başlayır. Proqram qurğusu idarəedici təsir siqnalı yaradır, bu halda siqnalın səviyyəsi həyəcanlandırıcı təsirin intensivliyindən asılıdır. Bəzi hallarda, bu siqnalın gücü idarəetmə obyektinin iş rejiminin ölçül-

məsi üçün kifayət etmir. Ona görə də idarəetmə qurğusu proqram qurğusunun siqnal gücləndiricisi elementi ilə təmin edilir.



Şək. 1.1. Avtomatik idarəetmə sisteminin struktur sxemi

Eyni zamanda siqnal gücləndiricisi onu elə dəyişir ki, obyektə effektiv idarəedici təsiri formalaşdırır. İdarəetmə obyektinə təsir icraedici orqan tərəfindən yerinə yetirilir.

Həyəcanlanma faktı üzrə hərəkət edən avtomtik idarəetmə qurğusu kimi tezlikdən yükaçma avtomatikası (TYA) qurğusunu göstərmək olar. Bu qurğunun ölçü orqanı enerjisistemdə tezliyin verilmiş qiymətdən aşağı düşməsini qeyd edən tezlik relesidir. Gücləndirici və icraedici orqan kimi xətt, transformator, seksiya və digər açarların açılmasına təsir edən aralıq releləri istifadə edilir.

Xarici qurğunun vəziyyətinin dəyişməsi faktı və ya heyətin əmrinə uyğun hərəkət edən idarəetmə qurğusu da analoji struktura malikdir. Belə idarəetmə qurğusu kimi sinxron generatorların avtomatik qoşulma qurğusu da istifadə edilə bilər.

Əksər hallarda avtomatik idarəetmə sistemi açıq tipli sistemdir. Başqa sözlə, sistemin bütün elementləri bir istiqamətə hərəkət edir və elementlərin bir-birinə əks təsiri olmur.

b) Avtomatik tənzimləmə qurğusu

Avtomatik tənzimləmə dedikdə, hər hansı tənzimlənən kəmiyyətin verilmiş qiymətdə dəyişməz səviyyədə saxlanması üçün fasiləsiz proses və ya bu kəmiyyətin əvvəlcədən verilmiş alqoritm üzrə dəyişmə prosesinin təmin edilməsi başa düşülür.

Verilən funksiyanı yerinə yetirən qurğu avtomatik tənzimləyici adlanır. Tənzimlənən kəmiyyət dedikdə, müəyyən qanun üzrə dəyişən və ya dəyişməz saxlanılan fiziki parametr nəzərdə tutulur. Enerjisistemdə belə parametrlər əsasən gərginlik, tezlik, aktiv və reaktiv gücdür.

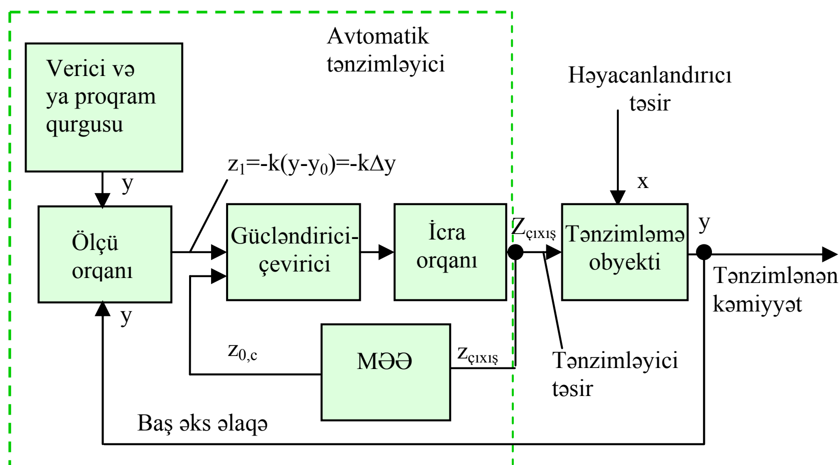
Avtomatik tənzimləmə avtomatik idarəetmənin bir növüdür, ona görə də avtomatik tənzimləmə sistemi avtomatik idarəetmə sistemində olan elementlərə malikdir.

Tənzimləmə prinsipindən asılı olaraq, bütün tənzimləyiciləri iki sinfə bölmək olar: həyəcanlanmaya görə tənzimləmə prinsipi istifadə edən tənzimləyicilər və tənzimlənən kəmiyyətin verilmiş kəmiyyətdən meyletməsinə görə tənzimləmə prinsipini istifadə edən tənzimləyicilər. Hər iki prinsipi istifadə edən kombinə olunmuş tənzimləmə sistemləri də mövcuddur.

Həyəcanlanma prinsipinə görə işləyən tənzimləmə sisteminin struktur sxemi şək. 1.1-də verilən avtomatik idarəetmə sisteminə analojidir. Həyəcanlanmaya görə tənzimləmə prinsipi ondan ibarətdir ki, tənzimləyicinin ölçü orqanı tənzimlənən kəmiyyətə ən çox təsir edən bir və ya bir neçə həyəcanlanma təsirlərinin dəyişməsinə reaksiya verir. Belə həyəcanlanmanın yaranması zamanı ölçü orqanı tənzimləyicinin digər elementlərindən keçərək tənzimləmə obyektinə elə təsir edir ki, tənzimlənən kəmiyyət verilmiş qiymətə malik olsun. Həmçinin, tənzimləyici təsir nə qədər yüksəkdirsə, bu həyəcanlanma təsirinin də yüksək olmasını göstərir.

Həyəcanlanma prinsipinə görə işləyən tənzimləmə nümunəsi kimi generatorun stator cərəyanından asılı olaraq, onun təsirlənməsini tənzimləyən sinxron generatorların kompaundlandırma qurğusunu göstərmək olar.

Tənzimlənən kəmiyyətin verilmiş qiymətdən meyletməsinə görə işləyən tənzimləmə prinsipi ondan ibarətdir ki, tənzimləyicinin ölçü orqanı tənzimlənən y kəmiyyətinin həqiqi qiymətini verilmiş y_0 qiyməti ilə müqayisə edir (şək. 1.2).



Şək. 1.2. Tənzimlənən kəmiyyətin meyletməsi üzrə işləyən avtomatik tənzimləmə sisteminin struktur sxemi

Uyğunluq olmayan halda ölçü orqanı z_1 tənzimləyici təsir siqnalı yaradır ki, o da tənzimlənən kəmiyyətin əvvəlki qiymətini bərpa etməyə çalışır. Bu zaman tənzimləyici təsirin işarəsi tənzimlənən kəmiyyətin meyletməsinin Δy işarəsinə əks olmalıdır. Meyletmənin qiyməti və işarəsi tənzimləmə prosesinin intensivliyini və istiqamətini təyin edir.

Tənzimləmənin fasiləsizliyini təmin etmək üçün ölçü orqanının girişinə fasiləsiz tənzimlənən kəmiyyətə mütənasib siqnal verilməlidir, daha doğrusu, tənzimləmə sisteminin çıxışı ilə girişi arasında əlaqə olmalıdır. Bu əlaqə baş (və ya əsas) əks əlaqə (ƏƏ) adlanır. Baş əks əlaqənin olması, tənzimlənən kəmiyyətin meyletməsini aşkarlamaq prinsipi ilə işləyən tənzimləyicilərin xarakterik xüsusiyyətidir. Beləliklə, öz strukturuna görə meyletmə

prinsipi ilə işləyən tənzimləmə sistemi qapalı tipli avtomatik sistemdir.

Tənzimləyicilər baş əks əlaqədən başqa əlavə (daxili) əks əlaqəyə də malikdirlər. Əlavə əks əlaqə tənzimləyicinin hər hansı bəndinin çıxışını onun girişi ilə və yaxud istənilən növbəti bəndin girişi ilə əlaqələndirir. Bu əlaqələr tənzimləmə təsirlərinin qiymətlərini təshih edir və eyni zamanda tənzimləmənin xarakterini dəyişir. Müsbət (MsƏƏ) və mənfi əks əlaqələr (MƏƏ) mövcuddur.

Müsbət əks əlaqə, əlaqə siqnalının işarəcə bəndin girişinə daxil olan əsas siqnalın işarəsi ilə üst-üstə düşməsiylə xarakterizə olunur. Müsbət əks əlaqənin işi əsas bəndin gücləndirmə əmsalının artmasına gətirib çıxarır. Müsbət əks əlaqənin bu xüsusiyyətindən böyük qiymətə malik gücləndirmə əmsalının alınması üçün gücləndiricilərdə istifadə edilir. Bundan başqa, tənzimləmə prosesinə lazım olan xarakteri vermək üçün də müsbət əks əlaqədən istifadə edilir.

Mənfi əks əlaqə əsas tənzimlənən təsirə (z_1) işarəcə əks olan əlavə tənzimləmə təsiri ($z_{0,c}$) yaradır. Mənfi əks əlaqə tənzimləmə prosesini stabilləşdirir, yenidən tənzimləmə qiymətini azaldır, lazım gəldikdə yenidən tənzimləməni tamamilə istisna edir. Mənfi əks əlaqə orqanı tənzimləmə prosesinə lazım olan xarakteri verməyə də imkan yaradır.

1.2. Tənzimləmə xarakteristikaları

Tənzimləyicilərə tənzimləmə prosesinin parametrlərinə aid olan müəyyən tələblər qoyulur. Bu keyfiyyət göstəriciləri və tənzimləmə xarakteristikası ilə əlaqədardır. Tənzimləmə prosesinin keyfiyyət göstəriciləri aşağıdakılardır: qərarlaşmış rejimdə tənzimləmənin dəqiqliyi, tənzimləmə sisteminin cəldliyi, keçid prosesinin xarakteri (rəqsi və ya aperiodik), yenidən tənzimləmənin qiyməti və s. Tənzimləmə prosesinin keyfiyyəti tənzimləmə xa-

rakteristikaları üzrə qiymətləndirilə bilər. Statik və dinamik tənzimləmə xarakteristikaları mövcuddur.

Avtomatik tənzimləmə sisteminin statik xarakteristikası dedikdə, tənzimlənən kəmiyyətin həyəcanlanma təsirlərinin birindən asılılığı nəzərdə tutulur.

Statik xarakteristika tənzimləyicinin tənzimlənən kəmiyyəti nə qədər dəqiq dəstəklədiyini və ya həyəcanlanma təsirinin yaranması zamanı onun müəyyən qanun üzrə dəyişməsini təyin edir.

Statik xarakteristikaların nümunələri şək. 1.3-də verilib. Ümumi halda tənzimləyicinin işləməsindən sonra tənzimlənən kəmiyyətin qərarlaşmış qiyməti (y_2) ilkin qiymətdən (y_1) fərqlənir. Tənzimlənən kəmiyyətin dəyişmə dərəcəsi statizm əmsalı ilə (K_s) xarakterizə olunur:

$$K_S = tg\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} \tag{1.1}$$

Əgər həyəcanlanma təsirinin qiyməti artan zaman tənzimlənən kəmiyyət azalırsa, onda statizm əmsalı müsbət qəbul edilməlidir (şək. 1.3, xarakteristika 1).

Adətən, statizm əmsalı nisbi vahidlərlə ifadə olunur:

$$K_{S*} = \frac{\Delta y / y_{nom}}{\Delta x / x_{nom}} = \frac{\Delta y_*}{\Delta x_*} \tag{1.2}$$

burada, x_{nom} və y_{nom} – uyğun olaraq, tənzimləyicinin reaksiya verdiyi parametrin (həyacanlanma təsiri) və tənzimlənən kəmiyyətin nominal qiymətidir. Δx_* =1,0 olan zaman, alarıq:

$$K_{S*} = \Delta y_* \tag{1.3}$$

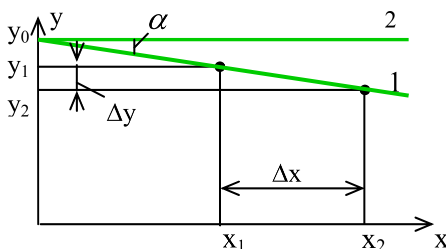
Beləliklə, nisbi vahidlərdə statizm əmsalı həyacanlanma təsirinin sıfırdan nominal qiymətə qədər dəyişməsi zamanı tənzimlənən kəmiyyətin nisbi dəyişməsinə bərabərdir.

Adətən, tənzimləyicinin statizm əmsalı 2÷6 % təşkil edir.

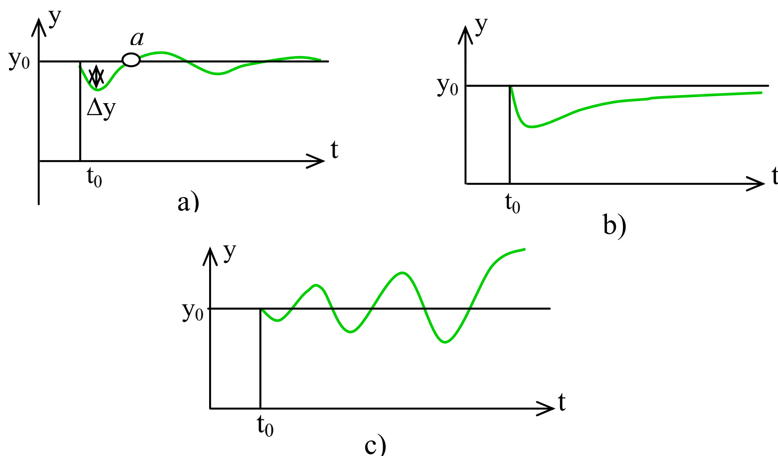
Statizm əmsalı sıfra bərabər olan xarakteristika astatik (şək. 1.3, xarakteristika 2) adlanır. Astatik xarakteristikalı tənzimləyicilər həyacanlanma təsirindən asılı olmayaraq, tənzimlənən kə-

miyyətin sabitliyini təmin edirlər. Lakin bu xarakteristika tənzimlənən təsirin qiymətini paralel işləyən obyektlər arasında verilmiş nisbətdə paylamağa imkan vermir. Bu məqsədlə statik xarakteristikalı tənzimləyicidən istifadə etmək daha rahatdır.

Avtomatik tənzimləmə sisteminin dinamik xarakteristikası dedikdə, həyəcanlanma təsirinin qəflətən yaranması zamanı tənzimləmə prosesində tənzimlənən kəmiyyətin dəyişməsinin zamandan asılılığı nəzərdə tutulur.



Şək. 1.3. Tənzimləmənin statik (1) və astatik (2) xarakteristikaları



Şək. 1.4. Tənzimləmənin dinamik xarakteristikası

a – dayanıqlı tənzimləmə zamanı, periodik;
b – dayanıqlı tənzimləmə zamanı, aperiodik;
c – dayanıqsız tənzimləmə zamanı, periodik

Dinamik xarakteristikanın bir neçə növünü fərqləndirirlər. Şək. 1.4,a-da tənzimlənən kəmiyyətin periodik dəyişməsi ilə xarakteristikası göstərilmişdir. t_0 zaman anında tənzimlənən kəmiyyətin azalmasına gətirən həyəcanlanma yaranır. Δy meyletməsinin yaranması zamanı tənzimləyici təzimlənən kəmiyyətin bərpa olunması istiqamətində işə başlayır, *a* nöqtəsində tənzimlənən kəmiyyət ilkin qiymətinə çatır, lakin tənzimləyicinin və obyektin elementlərinin inersiyası hesabına onun artma prosesi davam edir. Tənzimlənən kəmiyyətin əks işarəli meyletməsi yaranır və tənzimləyici tənzimlənən kəmiyyəti azaltmaq məqsədilə işə başlayır. Tənzimləmə prosesi rəqsi xarakter daşıyır. Dayanıqlı tənzimləmə zamanı sistem bir neçə rəqsdən sonra tənzimlənən kəmiyyətin müəyyən qiymətində qərarlaşır. Xarakteristikadan görünür ki, keçid prosesində yenidən tənzimləmə mövcuddur ki, bu da bəzi hallarda yolverilməzdir. Mənfi əks əlaqənin müvafiq orqanını seçərək, tənzimlənən kəmiyyətin aperiodik dəyişmə xarakteristikasını əldə etmək olar (şək. 1.4,b). Bu xarakteristika tənzimlənən kəmiyyətin monoton dəyişməsi ilə xarakterizə edilir.

Tənzimləmənin kəmiyyət göstəricilərindən biri tənzimləmə sisteminin cəld təsir etməsidir. Keçid prosesinin rəqsi xarakterinə baxmayaraq, periodik xarakteristikaya sazlanmış tənzimləmə sisteminin cəldliyi, adətən aperiodik sazlanmış tənzimləmə sisteminin cəldliyindən böyük olur.

Tənzimləyicinin elementlərinin səhv sazlanması nəticəsində tənzimləmə sistemi dayanıqsız ola bilər, yəni istənilən kiçik həyəcanlanma sönməyən rəqsi prosesə gətirib çıxara bilər (şək. 1.4,c).

Tənzimləmənin dayanıqlığını və keçid prosesinin lazımı xarakterini təmin edən avtomatik tənzimləmə sisteminin sazlanma əmsalının seçilməsi – analizin müxtəlif metodlarını istifadə edən xüsusi məsələdir.

Keçid prosesinin xarakteri tənzimləmə sisteminə daxil olan elementlərin xarakteristikasından, bu elementlərin gücləndirmə əmsallarından, əks əlaqənin olmasından, onların xarakteristikalarından və s. asılıdır.

1.3. Avtomatik idarəetmə sisteminin əsas və əlavə elementləri, onların əlaqələri

1.3.1. Avtomatik idarəetmə və tənzimləmə sisteminin əsas elementləri

Avtomatik idarəetmə və tənzimləmə sistemi iki hissədən ibarətdir:

– idarəetməyə və ya tənzimləməyə aid olan prosesin baş verdiyi idarəetmə və ya tənzimləmə obyekti;
– tənzimlənən kəmiyyətin meyletməsinin ölçülməsi və onun tənzimləmə obyekti üçün idarəedici təsirə çevrilməsi funksiyasını yerinə yetirən tənzimləyici.

İdarəetmə və tənzimləmə prosesi dedikdə, adətən obyektin vəziyyətinin zamandan asılı olaraq dəyişməsi başa düşülür. Bu dəyişikliyi xarakterizə etmək üçün tənzimlənən kəmiyyət adlanan bir və ya bir neçə fiziki kəmiyyət seçilir. Obyektin vəziyyətinin pozulması müxtəlif səbəblərdən baş verə bilər. Bir tərəfdən bu dəyişmə xarici təsiredici faktorların, digər tərəfdən isə tənzimləyicinin təsiri altında yaranır. Fərd tərəfindən verilən qanun üzrə obyektin vəziyyətinin dəyişməsi idarəetmə (tənzimləmə) adlanır.

İdarəetmə prosesi insan tərəfindən yerinə yetirilə bilər. Belə ki, tənzimlənən kəmiyyətləri fasiləsiz ölçmə yolu ilə obyektin vəziyyəti müşahidə edilir və tənzimləyici orqan vasitəsilə obyektə lazım olan təsir formalaşdırılır. Belə olan halda obyektin vəziyyəti əl ilə idarə edilə bilər.

Əgər obyektin vəziyyətinin dəyişməsi ilə əlaqəli olan funksiyaları insan əvəzinə avtomatik qurğu – tənzimləyici yerinə yetirirsə, onda idarəetmə avtomatik olur. Tənzimləyicinin tərkibinə olçü, aralıq və icra qurğuları daxildir.

Ölçü qurğusu tənzimlənən kəmiyyətin həqiqi qiymətini qəbul edir, onu verilmiş qiymət ilə müqayisəsini aparır və tənzimlənən kəmiyyətin ölçülmüş və verilmiş qiymətlərinin fərqinə görə mütənasib olaraq, başqa sözlə, tənzimləmə xətasına uygun müvafiq siqnalın ötürülməsini təmin edir. Uyğun olaraq, ölçü qurğu-

sunda əlavə elementlər – qəbuledici, verici və ölçü elementləri ola bilər.

Qəbuledici element – tənzimləmə obyektində proseslərə bilavasitə təsir edir.

Verici element – tənzimlənən kəmiyyətin dəyişməsinin arzu olunan qanununun sistemə daxil edilməsinə xidmət edir.

Ölçü elementi – tənzimlənən kəmiyyətin ölçülmüş və verilmiş qiymətlərinin müqayisəsini yerinə yetirir və tənzimləmə xətasına mütənasib olan siqnal hasil edir.

Bəzən gücün aşağı olması və ya siqnalların fiziki təbiətlərinin müxtəlifliyi səbəbindən tənzimləyici orqanın bilavasitə təsir etməsi üçün ölçü qurğusu tərəfindən verilən siqnal həmişə istifadə oluna bilmir. Ona görə də ölçü və icra qurğuları arasına aralıq elementlər daxil edilir.

Aralıq elementlər ölçü qurğusundan alınan siqnalı icra mexanizmlərinin etibarlı işini təmin edən formaya və qiymətə çevirir.

Tənzimləyicinin konstruktiv icrasından asılı olaraq, aralıq elementləri adi siqnal gücləndiricisi funksiyasını, müxtəlif fiziki təbiətə malik olan elementlərin işinin uyğunlaşdırılması üçün siqnalları lazım olan növə çevrilməsini və ya tələb olunan fəaliyyət alqoritmini təmin etmək üçün lazım olan qanun üzrə bu kəmiyyətlərin çevrilməsini yerinə yetirir.

Fəaliyyət alqoritmi – texniki prosesi düzgün yerinə yetirən yazılı əmr toplusudur.

İcra qurğusu (tənzimləyicinin sonuncu hissəsi) intiqaldan və tənzimləyici orqandan ibarətdir. Sonuncunun təyinatı – tənzimləyici faktorun (mühərrikə daxil olan enerjinin və ya kütlənin miqdarı) miqdarını idarə etməkdir. İcra qurğusu tənzimləmə obyektinə təsir göstərir, bu da tənzimlənən kəmiyyətin tələb olunan qiymətini bərpa edir.

1.3.2. Əlavə elementlər. Əlaqələr

Sistemin tələb olunan keyfiyyətinin təmin olunmasında əhəmiyyətli rol oynayan əsas elementlərlə yanaşı, həm sistemə qoşulan əlavə elementlər və həm də təsirin bir elementdən digərinə ötürülməsini yerinə yetirən onlar arasındakı əlaqələr də vacib rola malikdirlər.

Əlavə elementlər yalnız giriş siqnalının qiymətini dəyişmək məqsədilə sistemə qoşula bilər, daha doğrusu onlardan adi gücləndirici kimi istifadə edilir. Lakin əksər hallarda onlar diferensiallama və ya inteqrallama yolu ilə siqnalı dəyişdirən elementlər rolunu yerinə yetirirlər.

Əlavə elementlər paralel və ardıcıl qoşula bilər. Paralel birləşmə zamanı siqnal eyni vaxtda əsas və əlavə elementlərdən keçir. Paralel qoşulan elementlərin sistemin işinə təsiri zamanı ardıcıl birləşmiş əlavə elementlər çox zaman uyğunlaşdırma elementləri rolunu oynayırlar.

Ötürülən təsirin fiziki təbiətindən asılı olaraq, əlaqələrin aşağıdakı növləri mövcuddur: mexaniki, elektrik, pnevmatik, hidravlik və s. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsində əlaqənin istiqaməti və işarəsi, həmçinin onun çevirici təsiri xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Ötürülən təsirin istiqaməti üzrə düz və əks əlaqələri fərqləndirirlər. “Düz” və “Əks” sözlərinin şərti xarakterini qeyd edək. “Düz” və ya “Əks” əlaqə dedikdə, bu sözün nəyə tətbiq olunduğunu mütləq qeyd etmək lazımdır. Təsirin ötürülmə istiqamətini əsas konturda verək. Əgər ötürürülən təsir konturdadırsa (əlavə əlaqə ilə yaranan), əsas əlaqə ilə üst-üstə düşürsə, onda belə əlavə əlaqə düz əlaqə adlanır. Əks halda isə bu əks əlaqə olacaqdır.

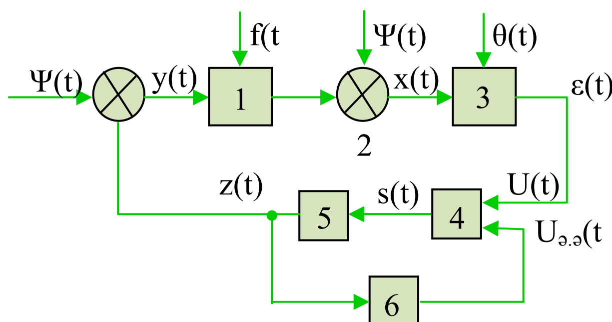
Əlaqə ilə ötürülən hərəkət işarəyə malikdir. Məsələn, “mənfi əlaqə” dedikdə, ötürülən təsirin işarəsinin əsas dövrənin hərəkətinə nəzərən (onların qarşılaşma yerində) əks olduğu başa düşülür.

Əsas əlaqəyə oxşar olaraq, əlavə əlaqə vasitəsilə yaranan kontur müxtəlif elementləri birləşdirə bilər və bununla da siqnala

müxtəlif çevirici təsirlər edə bilər. Bundan asılı olaraq, əlaqələri müxtəlif növlərə bölürlər.

Əgər əlavə konturun tərkibinə diferensiallanan və ya inteqrallanan dövrələr qoşulubsa, onda əlavə əlaqə *yumşaq əlaqə* adlanır. Kontura adi mütənasib dövrənin qoşulması zamanı isə əlaqə *sərt əlaqə* adlanır.

Avtomatik sistemin analizi və sintezi zamanı sistemin iş prinsipini göstərən prinsipial sxemdən başqa, elementlərin öz aralarında qarşılıqlı təsirini və struktur tərkibini əks etdirən funksional sxemdən də istifadə etmək məqsədəuyğundur. Bu cür sxemdə sistemin hər bir elementi funksiyası göstərilməklə (məsələn, "tənzimləmə obyekti" və s.) şərti olaraq düzbucaqlı şəklində təsvir edilir. Elementlər arasında əlaqələr oxlu xətlərlə göstərilir (şək. 1.5).



Şək. 1.5. Avtomatik tənzimləmə sisteminin tipik funksional sxemi

İstiqamətlənmiş fəaliyyət elementlərində xarici təsirlər yalnız bir istiqamətdə – girişdən çıxışa verilir; onlarda çıxış kəmiyyəti giriş kəmiyyətinə təsir etmir, ona görə də istiqamətlənmiş elementlərdən ibarət sistemdə növbəti elementlərin əvvəlki elementlərə təsiri olmur. İstiqamətlənmiş fəaliyyət elementlərinə hər hansı birtərəfli keçiriciliyə malik və giriş müqaviməti əvvəlki elektrik dövrəsinin çıxış müqavimətindən böyük olan elektrik dövrəsi aid edilir.

Əgər element istiqamətlənmiş fəaliyyətə malik deyilsə, yəni çıxış kəmiyyəti giriş kəmiyyətinə təsir edirsə (belə elementlərə mexaniki ötürmə, transformatorlar və s. aiddir), onda funksional sistemdə bu təsir çıxışdan girişə əks əlaqə şəklində olacaqdır. Lakin bu halda, onun əhatə etdiyi əks əlaqə və element artıq istiqamətlənmiş olacaqdır. Əgər həm ayrı-ayrı elementlərdə, həmçinin onlar arasında yeri olan bütün əsas və əlavə əlaqələr nəzərə alınarsa, onda funksional sxem yalnız istiqamətlənmiş fəaliyyətli elementlərdən ibarət olacaqdır. Bu elementlərin bir-birindən asılı olmayaraq dinamik xüsusiyyətlərini təyin etmək olar.

1.4. Qapalı sistemlər və onların qurulma prinsipləri

Avtomatik sistemlərin müxtəlifliyinə baxmayaraq, onların qurulma prinsipi məhduddur. Qurulma prinsipi dedikdə, sistemdə idarəetmə təsirinin formalaşma qanunu başa düşülür. Bu isə obyektin vəziyyətinin pozulmasına gətirən idarəetmə siqnalının hasil olunması üçün səbəb (təsirlənmə) və ya bu səbəbin yaranmasına gətirən nəticə (meyletmə) kimi istifadə edilməsindən asılıdır. Meyletmə prinsipi istifadə olunan sistemdə iş qabiliyyətinin təmin olunması üçün tənzimlənən kəmiyyətin meyletməsinin olması vacibdir. Həyəcanlanma prinsipinin əsasında obyektin vəziyyətini pozan səbəbin özünün idarəetmə qanununun formalaşdırılması üçün istifadə olunan ölçü, yəni təsirlənmə durur.

Meyletmə prinsipi üzrə işləyən sistemin əsas üstünlüyü həyəcanlanmaya nəzərən seçmənin olmamasıdır. Belə olan halda sistem quruluşuna görə bir ölçü elementinə malik olduğundan sadədir, lakin keçid prosesində qaçılmaz tənzimləmə xətasına malikdir.

Həyəcanlanma prinsipi üzrə tərtib olunmuş avtomatik sistemin bir neçə eyni qiymətli təsirlənməyə cavab verə bilməsi üçün ölçü elementlərinin sayını artırmaq, yəni sistemi nəzərə çarpacaq dərəcədə mürəkkəbləşdirmək lazımdır. Lakin hətta kiçik qiymətli gözlənilməz həyəcanların yaranması belə, mürəkkəb quruluşlu

sistemin əhəmiyyətini aşağı sala bilər, belə ki, sistem öz işini tələb olunan şəkildə yerinə yetirə bilməyəcək. Qeyd edilən sonuncu hal kombinə edilmiş həyəcanlanma prinsipindən istifadə etməyi şərtləndirir. Bu prinsip zamanı təsirlənmə üzrə konturlar və ya əlaqələrlə yanaşı sistemdə mütləq meyletmə üzrə kontur ayrılır və sistem gözlənilməz həyəcanları və maneələri bütövlükdə nəzərə alır.

Həyəcanlanma prinsipi üzrə tərtib olunmuş sistemin üstünlüyü onların tez bir zamanda həyəcanlanmayan reaksiyasının olmasıdır. Sistemin vəziyyətinin pozulmasına gətirən səbəb ani olaraq, ətalətsiz dövrələr vasitəsilə qeyd olunur, belə ki, sistemdə meyletmə üzrə bu qeydetmə, bir qayda olaraq, ətalət obyekti tərəfindən aparılır.

Tənzimlənən kəmiyyətlərin meyletmələrinin və ya həyəcanlarının törəmələri, yaxud inteqralları daxil edildikdə sistemdə baxılan prinsiplər adətən mürəkkəbləşir. Bu zaman sistem daha mürəkkəb alınır, lakin bununla yanaşı müxtəlif rejimlərdə işlədikdə həyəcana reaksiyası çox həssas və dəqiq olur.

Sistemdə təmin olunan yüksək dəqiqlik daha mürəkkəb quruluşlar hesabına əldə olunur.

1.5. Sistemə təsirlərin növləri

Avtomatik idarəetmə və tənzimləmə sistemi iki növ təsirə məruz qalır: daxili və xarici.

Daxili təsir elementlərin öz aralarında qarşılıqlı təsiri kimi özünü büruzə verir. Daxili təsirin tipik nümunəsi kimi tənzimləyicinin obyektə təsir etməsini göstərmək olar. Belə təsiri tənzimləyici təsir adlandıraq. O, tənzimlənən kəmiyyətin qiymətindən və işarəsindən asılıdır və tənzimləmə xətasının kənarlaşdırılmasına yönələn tənzimləyici orqanın öz yerinin dəyişməsini göstərir. Ona görə də onu çox zaman bərpaedici təsir adlandırırlar. Tənzimləmə obyektinə nəzərən bu təsiri xarici təsir adlandırmaq olar, lakin ümumilikdə bütün sistem üçün o, daxili təsir roluna malikdir.

Sistemə xarici təsir həm tənzimləmə obyektindən, həm də sistemin istənilən digər elementindən ötürülə bilər. Sistemə obyektdən xarici təsir əksər hallarda yük şəklində, daha doğrusu, texnoloji prosesin və ya obyektin işinin verilmiş xarakterini təmin edən müəyyən miqdarda enerjinin sərfi şəklində olur. Obyektə əsas xarici təsir (yük şəklində) ilə yanaşı maneə kimi baxılan təsirlərə də rast gəlinir. Sistemə maneənin təsiri maneənin və siqnalın qiymətinin nisbətindən asılıdır. Bundan sonra obyektdən sistemə edilən xarici təsiri *f(t)* funksiyası ilə işarə edəcəyik.

Verilən tənzimləyici elementdən sistemə daxil olan xarici təsir verilmiş idarəedici təsir adlanır və *u(t)* funksiyası ilə işarə olunur.

Bir çox obyektlər üçün xarici şəraitin gözlənilməz dəyişmələri kimi özünü göstərən yükdən fərqli olaraq, verilmiş idarəedici təsir məqsədyönlüdür. O, avtomatik tənzimləmə sisteminin iş rejimini dəyişdirmək üçün istifadə edilir. Nəzərə almaq lazımdır ki, stabilləşdirmə sistemi üçün tipik xarici təsir obyektdən gələn təsirdir, lakin izləyici və proqramla tənzimlənən sistemlər üçün bu, tənzimləyicidən ötürülən verilmiş idarəedici təsirdir.

Göstərilən növ təsirlərə həm daima fəaliyyətdə olan faktorlar (və ya zamanın stasionar funksiyaları), həm də dəyişən faktorlar (zamanın qeyri–stasionar funksiyaları) kimi baxıla bilər. Xarici təsirlər zamandan asılı olaraq dəyişdiyi halda həyacanlandırıcı təsirlər və ya sadəcə həyəcanlanma adlanır.

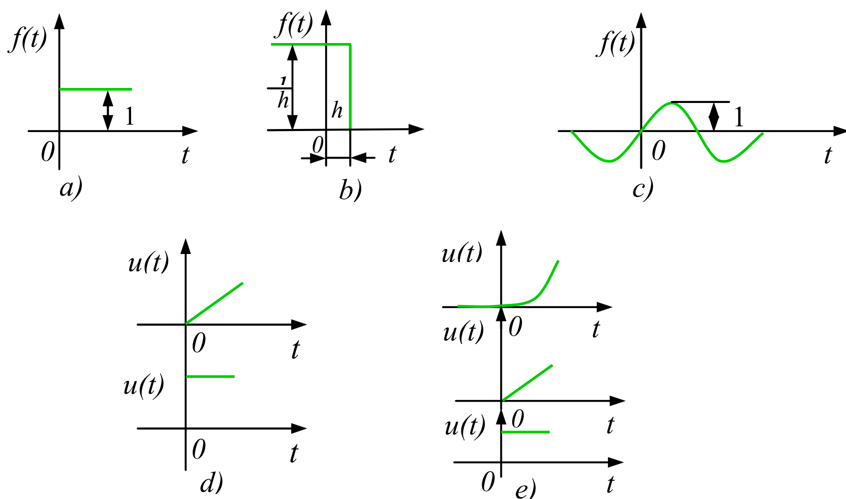
Avtomatik tənzimləmə sisteminin və onların ayrı-ayrı elementlərinin işini analiz edərkən tipik şəkildə aşağıda verilən həyəcanlanmalardan birini seçirlər.

Pilləli həyəcanlanma – əksər hallarda vahidə bərabər olan sabit kəmiyyət miqdarında təsirin ani dəyişməsi (şək. 1.6,a).

Fiziki sistem təkan hiss edir. Pilləli həyəcanlanma analitik olaraq aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$f(t) = \begin{cases} a, & t < 0 \\ b, & t \geq 0, \end{cases} \qquad (1.4)$$

burada, a – əvvəlki dövrdə sabit qiymət; b – növbəti dövrdə yeni sabit qiymətdir.



Şək. 1.6. Sistemin tipik həyacanlanmaları:
a – pilləli; b – impuls; c – harmonik;
d – sürətin sıçrayışı; e – təcilin sıçrayışı

Vahid sıçrayış üçün

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1(t), & t \geq 0, \end{cases}$$

yazmaq olar. t_1 anında vahid sıçrayış $1(t - t_1)$ şəkildə yazılır:

İmpuls həyəcanlanma – qiymətcə eyni, işarəcə qarşılıqlı əks olan, intensivliyinin qiymətinə tərs mütənasib olaraq zamana görə sürüşmüş iki ardıcıl pilləli həyacanlanmadan ibarətdir (şək. 1.6, *b*).

Vahid impuls funksiyası və yaxud delta–funksiya xüsusi yer tutur və aşağıdakı kimi işarə edilir:

$$\delta(t-t_1)$$

Delta -funksiyası aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

$$1.\ \int_{-\infty}^{+\infty}\delta(t-t_1)dt=1 \qquad 2.\ \int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(t)\delta(t-t_1)dt=\varphi(t_1)$$

Birinci xüsusiyyət onu göstərir ki, funksiyanın nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olmasına baxmayaraq, onun tərəfindən məhdudlaşmış sahə vahidə bərabər sonlu qiymətə malikdir.

İkinci xüsusiyyət onu göstərir ki, hər hansı *φ(t)* funksiyasının delta funksiya ilə hasilindən alınan impuls funksiyası yalnız t_1 anında mövcud olur və onun sahəsi t_1 nöqtəsində $\varphi(t_1)$ funksiyasının qiymətinə bərabər olur. Vahid impuls funksiyası vahid sıçrayışdan alınan törəmədir, yəni

$$\frac{d}{dt}\cdot 1\cdot(t-t_1)=\delta(t-t_1)$$

Dövrü həyəcanlanma – zamandan asılı olaraq, dövrü dəyişən həyəcanlanmadır. O, sönməyən rəqslər rejimində işləyən avtomatik sistemi tədqiq etmək üçün əlverişlidir.

Ən sadə dövri həyəcanlanma vahid amplitudlu harmonik rəqsdir (sək. 1.6. c).

Sürətin və təcilin sıçrayışı – sabit sürət $u(t)=at$ (şək. 1.6,d) və yaxud sabit təcil $u(t)=bt^2$ (şək 1.6,e) rejimində işləyən izləyici sistem üçün standart olan həyəcanlanmadır.

İxtiyari həyəcanlanma – standart həyəcanlanmaların cəmi kimi təqdim olunan həyəcanlanmadır. Superpozisiya prinsipi yararlı olan xətti avtomatik sistem üçün *f(t)* fasiləsiz funksiyası riyazi olaraq fasiləsiz hərəkət edən ixtiyari həyəcanlanmanı əks etdirir.

Funksiyanın yığılması haqqında teoremə uyğun olaraq, yazmaq olar:

$$f(t) = f(0)1(t) + \int_0^\infty f'(t)1(t-\tau)dt =$$

$$\int_0^\infty f(\tau)1'(t-\tau)d\tau = \int_0^\infty f(\tau)\delta(t-\tau)d\tau; \qquad (1.5)$$

İnteqralı cəm ilə əvəz etsək, alarıq:

$$f(t) = \sum_{i=1}^{N} f(t_i)\delta(t-t_i)\Delta t_i \qquad (N \to \infty) \qquad (1.6)$$

Dövri həyəcanlandırıcı təsiri Furye sırasına ayırmaqla, girişdə vahid harmonik rəqslər zamanı sistemin işini bilərək və qondarma prinsipindən istifadə etməklə, dövrü dəyişən mürəkkəb xarakterli həyəcanlanma zamanı sistemin işi haqqında tam təsəvvür yaratmaq olar.

Yoxlama sualları

1. Avtomatik idarəetmə və avtomatik tənzimləmə qurğuları hansı əsas elementlərdən təşkil olunub?
2. Tənzimlənən kəmiyyətin həyəcanlanması və meyletməsi üzrə tənzimləmə prinsipi nədən ibarətdir?
3. Əks əlaqə nədir? Əks əlaqələrin növlərini sadalayın və onların təyinatlarını göstərin.
4. Hansı göstəricilər tənzimləmənin keyfiyyətini xarakterizə edir?
5. Hansı asılılıqlar tənzimləmənin statik və dinamik xarakteristikalarını xarakterizə edir?
6. Statizm əmsalı nədir və onun fiziki mənası nədən ibarətdir?
7. Qapalı sistemlərin qurulma prinsipləri nədən ibarətdir?
8. Sistemə təsirlərin hansı növləri vardır?

FƏSİL 2. SİNXRON GENERATORLARIN GƏRGİNLİYİ VƏ REAKTİV GÜCÜNÜN AVTOMATİK TƏNZİMLƏNMƏSİ

2.1. Gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsinin təyinatı

Gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsinin texniki zəruriliyi və iqtisadi məqsədəuyğunluğu elektrik enerjisinin istehsalı və paylanması prosesinin spesifik xüsusiyyətləri ilə şərtlənir. Sinxron generatorun təsirlənməsi ilə təyin olunan gərginlik elektroenergetika sistemi düyünlərinin hər birində mütləq qiymət və fazaca fərqlənir. Yəni gərginlik çoxölçülü vektor kəmiyyət kimi ifadə olunur (şək. 2.1,b). Gərginlıklərin fərqlənmələri elektrik enerjisinin ötürülməsi üçün zəruridir. Su və ya istilik elektrik stansiyasını elektroenergetika sistemi ilə əlaqələndirən elektrik veriliş xəttinin başlanğıcındakı $\underline{U}_x$ gərginliyi (şək. 2.1,a) sistemin $\underline{U}_s$ gərginliyindən $\Delta\underline{U}$ gərginlik düşgüsü qədər fərqlənir. $\underline{\mathrm{U}}_{\mathrm{x}}$ gərginliyi xətdən axan P_x aktiv və Q_x reaktiv gücləri ilə aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\underline{U}_x = \underline{U}_s + \Delta\underline{U} = \underline{U}_s + \frac{Q_x}{U_s X_x} + j\frac{P_x}{U_s X_x} = U_s + I_r X_x + jI_a X_x \qquad (2.1)$$

(2.1) düsturundan və şək. 2.1,b vektor diaqramından aşağıdakılar məlum olur:

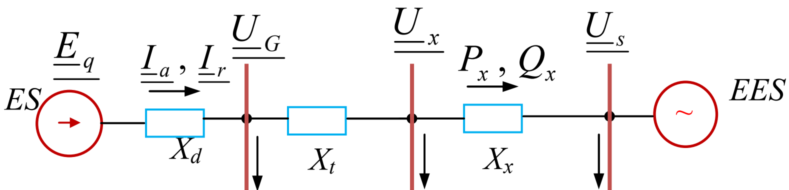
- faza üzrə gərginliklər fərqi aktiv gücün ötürülməsi üçün zəruridir:

$$P = \frac{U_x U_s}{X_x}\sin\delta_x \qquad (2.2)$$

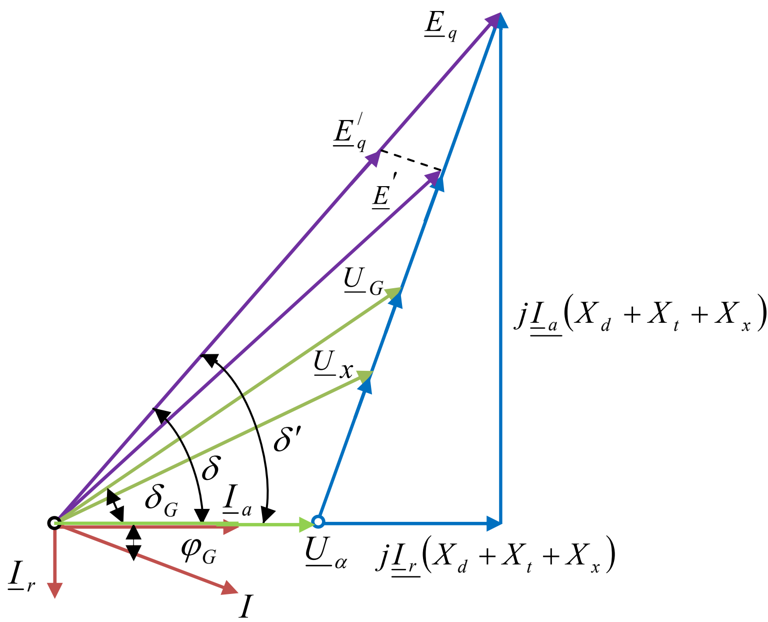
- gərginliklərin mütləq qiymətlərinin fərqi elektrik verilişinin reaktiv gücü ilə təyin olunur.

Verilmiş $\underline{U}_s$ gərginliyinə görə ötürülən P_x aktiv gücü $\underline{U}_x$ gərginlik vektoru və Q_x reaktiv gücü ilə təyin olunur. Məlumdur ki, $\underline{U}_x$ və $\underline{U}_s$ gərginliklərinin mütləq dəyişməz, bucağın $\delta_{x.sr} = \pi / 2$ qiymətləri halında xətt üzrə ən böyük mümkün güc – $P_{x.sr}$ xəttin sərhəd gücü ötürülür. Elektrik stansiya generatorlarının tənzimlənməyən dəyişməz EHQ halına uyğun olaraq P_x gücünün artması ilə U_x gərginliyi azalarsa, $\mathrm{P_x < P_{x.sr}}$ üçün δ_x bucağı $\delta_{x.sr}$ sərhəd qiymətinə çatır. Ötürülən gücün bundan sonrakı artımı elektrik verilişinin statik dayanıqlığının pozulmasına səbəb olur.

Elektroenergetika sistemində qısaqapanmalar zamanı gərginliyin qəflətən azalması halında elektrik stansiyalarının sinxron işləmələrinin saxlanması keçid prosesində və qısaqapanma açıldıqdan sonra gərginliyin bərpa olunması sürətindən asılıdır. Asinxron rejim baş verdikdə elektrik stansiyalarının sinxron işləməsi və onun bərpaolunma müddəti gərginliyin bərpaolunma sürətindən asılıdır. Ona görə də elektroenergetika sisteminin statik, dinamik və yekun dayanıqlığının təmin olunması üçün gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.



a)



b)

Şək. 2.1. Elektrik verilişi sisteminin sxemi (a) və (b) vektor diaqramı

Elektrik enerji verilişinin sonuncu məntəqəsi onun istifadəçisidir. Elektroenergetika sistemində vəziyyətin və ya tələb olunan elektrik enerjisinin miqdarının təsadüfi dəyişmələrindən asılı olmayaraq, istehlakçıda gərginliyin səviyyəsi nominal qiymətdə olmalıdır. Gərginlik elektrik enerjisinin əsas keyfiyyət göstəricilərindən biridir və ona olan tələblər QOST 92144–2013 Beynəlxalq standartı ilə müəyyən olunurlar. Həmin standarta uyğun olaraq yüksək və orta gərginlik şəbəkələrində nominal gərginlikdən başqa gərginliyin razılaşdırılmış qiyməti U_r anlayışı da daxil edilmişdir. Bu standarta görə elektrik enerji verilişi nöqtəsində gərginliyin müsbət və mənfi meyl etmələri bir həftəlik zaman intervalının 100%-i müddətində nominal qiymətin 10%-ni və ya gərginliyin razılaşdırılmış qiymətini keçməməlidir. Qeyd edilən bu

normalar, yalnız gərginliyin avtomatik tənzimlənməsi halında təmin oluna bilər.

Beləliklə, gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsinin əsas vəzifələrinə aşağıdakılar daxildir:

- elektrik stansiyalarından təlabatçılara elektrik enerji verilişi prosesində rasional reaktiv güc paylanmasının təmin olunması;
- normal iş rejimlərində elektrik verilişinin statik dayanıqlığının saxlanması və ya artırılması;
- qəza rejimlərində elektroenergetika sisteminin dinamik və yekun dayanıqlığının artırılması;
- elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərindən biri kimi, istehlakçıda tələb olunan gərginliyin təmin olunması.

Gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsinin qeyd olunan məsələlərinin həlli aşağıdakı yollarla həyata keçirilir:

- elektrik stansiyalarında sinxron generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi;
- sinxron kompensatorların və elektrik mühərriklərinin təsirlənməsinin tənzimlənməsi;
- idarəolunan statik reaktiv güc mənbələrinin güclərinin tənzimlənməsi;
- transformatorların transformasiya əmsallarının avtomatik tənzimlənməsi.

Sinxron maşınlar, idarəolunan reaktiv güc mənbələri və transformasiya əmsallarını dəyişən qurğularla təchiz olunmuş transformatorlar tənzimlənən obyektlərdir.

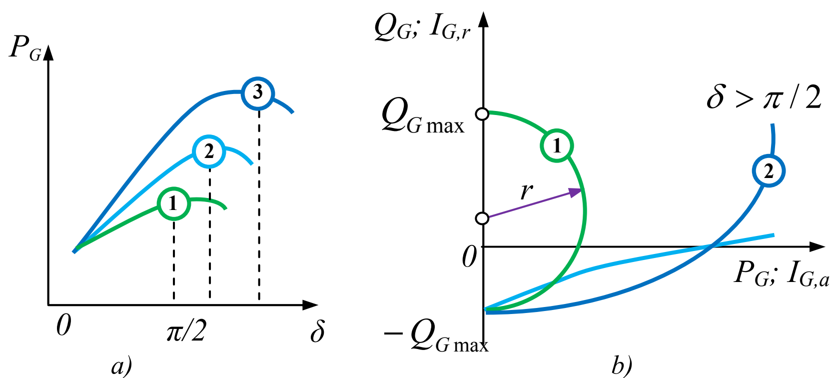
2.2. Sinxron generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi

Gərginliyin və reaktiv gücün avtomatik tənzimlənməsinin yuxarıda qeyd olunan məsələlərinin həlli üçün sinxron generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi daha cox əhəmiyyət kəsb edən məsələ kimi qarşıya çıxır.

Generatorun təsirlənmə cərəyanı onun $\underline{E}_q$ EHQ-ni (şək. 2.1,a), $\underline{U}_G$ gərginliyini və xəttin $\underline{U}_x$ gərginliyini təyin edir. Bu kəmiyyətlər öz aralarında aşağıdakı münasibətlərlə əlaqədardırlar:

$$E_q = \sqrt{(U_G + I_r X_d)^2 + (I_a X_d)^2} \tag{2.3}$$

$$U_G = \sqrt{(U_x + I_r X_t)^2 + (I_a X_t)^2} \tag{2.4}$$



Şək. 2.2. Güc xarakteristikaları (a), aktiv və reaktiv güclər arasında sərhəd asılılıqları qrafikləri (b)

Avtomatik tənzimləmə sistemi olmadıqda EHQ $E_q = const$, generatorun reaktiv gücü

$$Q_G = Q_{E_q} = \frac{E_q U_s}{X_d + X_s} \cos\delta - \frac{U_s^2}{X_d + X_s} \tag{2.5}$$

burada, $X_s = X_t + X_x$; $\delta = f(\underline{E}_q, \underline{U}_s)$

Elektrik verilişinin aktiv gücü *1* statik xarakteristikası ilə təyin olunur (şək. 2.2,a)

$$P_G = P_{E_q} = \frac{E_q U_s}{X_d + X_s} \sin\delta \qquad (2.6)$$

Ötürülən aktiv gücün ən böyük qiyməti bucağın $\delta = \pi/2$ qiymətində alınır. Bu halda aktiv güc artdıqca generatorun E' keçid EHQ-si və U_G gərginliyi azalır.

Aktiv gücə müəyyən reaktiv güc uyğundur. $Q_G = Q_x$ şərti daxilində (2.5) və (2.6) tənliklərindən U_s gərginliyini yox etməklə qeyri-aşkar qütblü generator üçün $Q_G = f(P_G)$ asılılığını almaq olar. Xüsusi halda $\delta = \pi/2$ bucağı üçün belə asılılıq çevrənin tənliyi ilə ifadə olunur:

$$\left(Q_G - U_G^2 \frac{X_d - X_s}{2X_d X_s}\right)^2 + P_G^2 = \left(U_G^2 \frac{X_d + X_s}{2X_d X_s}\right) \qquad (2.7)$$

Çevrənin mərkəzi reaktiv güc oxu üzərində yerləşir (şək. 2.2,b) $Q_G = U_G^2(X_d - X_s)/(2X_d X_s)$, radiusu $r = U_G^2(X_d + X_s)/(2X_d X_s)$ (*1* əyrisi). Çevrənin Q oxu ilə kəsişmə nöqtəsi $P_G = 0$ halında ən böyük $Q_{G,\max} = U_G^2 / X_s$ generasiya və $Q_{t,\max} = -U_G^2 / X_d$ istehlak reaktiv güclərinə uyğun gəlir.

Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi halında generatorun dayanıqlıq şərti üzrə E_q EHQ-nin artması ilə verdiyi ən böyük aktiv güc artır. İlişmə maqnit selinin dəyişməzliyini təmin edən avtomatik tənzimlənmə zamanı generatorun keçid EHQ-si

dəyişməz hesab olunur $E' = const$. Bu halda aktiv güc aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$P_{E'} = \frac{E'U_s \sin\delta}{(X'_d + X_s)} - \frac{U_s^2 (X_d - X'_d)\sin 2\delta}{2(X_d + X_s)(X'_d + X_s)} \qquad (2.8)$$

Ən böyük ötürülən güc bucağın $\delta > \pi/2$ qiymətində *2* dinamik xarakteristikası üzrə təyin olunur (şək.2.2,a) və təsirlənmənin tənzimlənməsi olmayan hala nisbətən daha böyük güc ötürülməsi təmin olunur. Bu halda, $\delta' = (\underline{E}', \underline{U}_s) = \pi/2$ sərhəd bucağında qeyri-aşkar qütblü sinxron generatorun reaktiv gücünün aktiv gücdən asılılığı *2* çevrəsi ilə təsvir olunur (şək. 2.2,b).

3 güc xarakteristikası (şəkil 2.2,a) təsirlənmə cərəyanının avtomatik tənzimlənməsinə uyğundur və bu zaman generatorun gərginliyi dəyişməz saxlanır $U_G = const$. Belə avtomatik tənzimləmə zamanı aktiv güc aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$P_{U_G} = \frac{U_G U_s}{X_s}\sin\delta - \frac{U_s^2 X_d}{2X_s(X_d + X_s)}\sin 2\delta \qquad (2.9)$$

Ən böyük ötürülən aktiv güc *3* statik xarakteristikası üzrə (150-180)%-ə çatır və bucağın $\delta_G = (\underline{U}_G, \underline{U}_s) = \pi/2$ qiymətinə uyğundur.

Sinxron generatorlar təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsinin (TAT) elektrik verilişinin güc ötürmə qabiliyyətinə və statik dayanıqlığına təsirinin yuxarıda baxılan nəticələrə uyğun olaraq, əsas iki növ TAT qurğuları ilə təmin edilir:

1. Mütənasib (proporsional) təsirli (M) TAT qurğusu.
2. Mütənasib diferensial (MD) – "güclü" təsirli (GT) TAT qurğusu.

Mütənasib tənzimləmə zamanı idarəedici təsirlər gərginliyin verilmiş qiymətindən meyli, generatorun cərəyan yükü və

$\cos \varphi_G$ güc əmsalı ilə müəyyən olunur. Güclü təsirli TAT zamanı isə tənzimləyici təsirlərin formalaşdırılması üçün elektrik verilişinin gərginlik və digər rejim parametrlərinin törəmələrindən (birinci və ikinci) də istifadə olunur.

Dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi üçün təsirlənmə cərəyanı öz sərhəd qiymətinə qədər cəld artırılır. Bu məqsədlə sinxron generatorda təsirlənmənin cəldləşdirilməsi (forsirovka) qurğusu nəzərdə tutulur. Generatorun yenidən sinxronlaşdırılması yolu ilə yekun dayanıqlığın təmin olunması və digər hallarda onun təsirlənməsinin azaldılması lazım gəlir. Təsirlənmənin cəldləşdirilməsi və təsirlənmənin azaldılması reledən ibarət avtomatik idarəetmə qurğusu vasitəsilə həyata keçirilir.

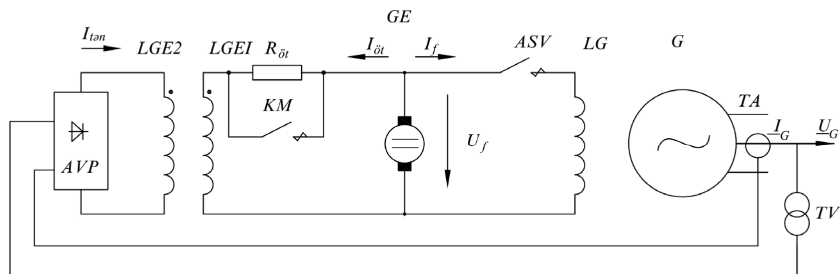
Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi və rele idarəetməsi elektrik verilişinin sinxron işinin bərpasından sonra yaranan rəqslərin cəld və tam sönməsini təmin edir: rele mühafizəzi qurğusunun işləmə dəqiqliyi artırılır; qısaqapanmalar açıldıqdan sonra gərginliyin bərpasının cəldləşdirilməsi və bununla elektrik mühərriklərinin öz-özünə işədüşmə prosesinin yüngülləşdirilməsi təmin edilir; elektroenergetika sisteminin rejimlərinin keyfiyyətinin artırılması üzrə digər məsələlər həll edilir.

2.3. Sinxron generatorların təsirləndirici qurğuları və onların xarakteristikaları

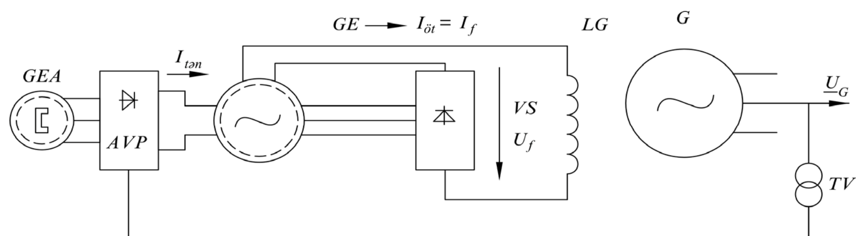
Sinxron generatorun gərginliyi və reaktiv gücü onun TAT-nın idarəedici təsirlərini qəbul edən təsirləndiricisinin vəziyyətindən asılıdır. TAT-ın yuxarıda qeyd edilən məsələlərinin həlli təsirləndiricinin xarakteristikalarından asılıdır.

Sinxron generatorun *G* klassik (elektromaşın tipli) təsirləndiricisi kimi, gərginlik üzrə müsbət əks-əlaqəyə malik paralel öz-özünə təsirlənən *GE* sabit cərəyan maşınını göstərmək olar (şək. 2.3,a). Bu sistemin az etibarlılığı və fırça-kollektor aparatının cərəyan üzrə buraxma qabiliyyətinin aşağı olması ilə əlaqədar olaraq sinxron generatorların gücləri artdıqca ardıcıl öz-özünə təsir-

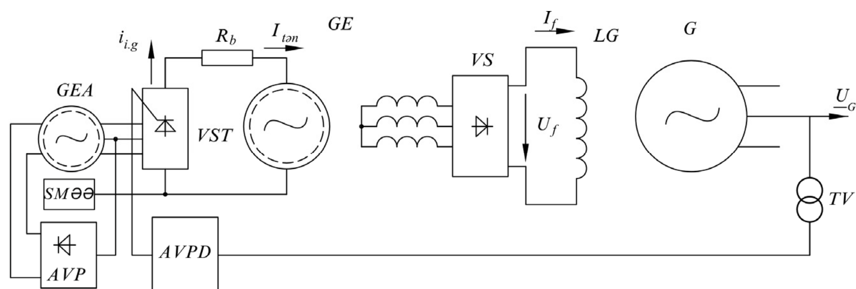
lənən yüksək tezlikli dəyişən cərəyan *GE* induktor generatorundan (500 Hs, cərəyan üzrə müsbət əks-əlaqəli) və idarə olunmayan *VS* yarımkeçirici düzləndiricisindən (diodundan) ibarət təsirləndiricilər tətbiq olunmağa başlandı (şək. 2.3,b).



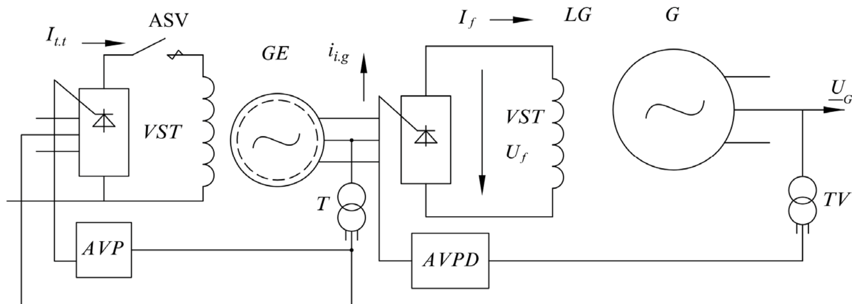
a) sabit cərəyanlı elektromaşın təsirlənmə



b) dəyişən cərəyanlı induktor generatorlu diod elektromaşın təsirlənmə



c) fırçasız cəld təsirli tristorlu (çevrilmiş generatorlu) təsirlənmə



d) cəld təsirli tristorlu asılı olmayan təsirlənmə

Şək. 2.3. Sinxron generatorların təsirlənmə sxemləri

Elektromaşın tipli təsirləndiricilər adətən gücü 300 MVt-a qədər turbogenerator və 180 MVA-ya qədər hidroaqreqatlarda istifadə olnur.

Belə təsirləndiricinin müasir modifikasiyası çevrilmiş (rotorda dəyişən cərəyan dolağı yerləşdirilən) çoxqütblü *GE* generatorundan və *LG* təsirlənmə dolağı ilə sərt birləşdirilmiş fırlanan *VS* diod düzləndiricisindən (*G* sinxron generatorun valında yerləşdirilir) ibarət fırçasız təsirlənmədən ibatərdir (şək. 2.3,c). Çevrilmiş *GE* generatorunun təsirlənmə dövrəsinin qidalanması sabit maqnitlə təsirləndirilən köməkçi çoxqütblü *GEA* generatorundan (şək. 2.3,b) və ya öz-özünə təsirləndirilən induktor generatorundan (şək. 2.3,c) istifadə etməklə həyata keçirilir.

Rotor həlqəli müasir güclü sinxron generatorlarda təsirləndirici kimi köməkçi *GE* sinxron generatoru və idarəolunan *VST* tiristorlu çevirici (tiristorlu asılı olamayan təsirlənmə) çıxış edir (şək. 2.3,d). Müəyyən dərəcədə tiristorlu öz-özünə təsirlənmə tətbiq olunur – bu halda *VST* tiristorlu çevirici *T* transformatoru vasitəsilə təsirləndirilən sinxron generatora qoşulur.

VST tiristorlu çevirici *GE* çevrilmiış sinxron generatorun təsirlənmə dolağı dövrəsində fırçasız təsirlənmə zamanı da istifadə olunur. Bu qurğu invertor rejimində təsirlənməni söndürür (sin-

xron generatorun sahəsinin söndürülməsi). Perspektivdə fırlanan idarəolunan çeviricili fırçasız tiristor təsirləndiricisinin yaradılması nəzərdə tutulur.

Sinxron generatorun təsirləndiricisinin işinin qiymətləndirilməsi üçün iki göstərici müəyyən olunmuşdur:

- LG rotor dolağında keçid prosesi zamanı (təsirlənmənin cəldləşdirilməsi prosesində) nominaldan mümkün ən böyük qiymətədək qəyişməsi halında *gərginliyin artma sürəti*;
- mümkün ən böyük qərarlaşmış $I_{t,c}$ rotor cərəyanının (cəldləşdirilmiş təsirlənmə cərəyanı) onun $I_{t,nom}$ nominal cərəyanına nisbətinə bərabər *təsirlənmənin cəldləşdirilmə dəfəliyi.*

Birinci göstərici təsirləndiricinin ətalətliliyi ilə əlaqədardır. Məsələn, sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiricili generatorun təsirlənməsinin cəldləşdirilməsi zamanı (şək. 2.3,a) ən böyük mümkün dərəcəyədək öz-özünə təsirlənməni rele qurğusu yerinə yetirir (*KM* kontaktının qapanması). Bu halda öz-özünə təsirlənmə dolağına $\Delta U_t = I_{t,oz.nom} R_{t,oz}$ gərginliyi tətbiq olunur ($I_{t,oz.nom} -$ öz-özünə təsirlənmə nominal cərəyanı; $R_{t,oz} -$ öz-özünə təsirlənmə dolağının aktiv müqaviməti).

Təsirləndiricinin xarakteristikasının qeyri-xəttiliyini nəzərə almaqla, təsirlənmə gərginliyinin orta artma sürəti $(dU_t / dt)_{or}$ aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\left(\frac{dU_t}{dt} \right)_{or} = 0{,}632 \frac{U_{t,c} - U_{t,nom}}{\Delta T} \qquad (2.10)$$

burada, $\Delta T - U_t$ gərginliyinin nominaldan yuxarı qiymətə qədər artma müddətidir:

$$U_t = U_{t,nom} + 0{,}632(U_{t,c} - U_{t,nom})$$

Təsirləndiricidə keçid prosesi birtərtibli qeyri-xətti diferensial tənliklə ifadə olunur. Təsirləndiricinin ötürmə əmsalı k_t, müəyyən ekvivalent zaman sabiti T_e və ötürmə funksiyası aşağıdakı (2.11) düsturu ilə ifadə olunan birinci tərtibdən xəttiləşdirilmiş aperiodik bənddən ibarətdir:

$$H(\overline{p}) = \frac{k_t}{1 + pT_e} \tag{2.11}$$

Tiristorlu təsirləndirici praktik olaraq ətalətsizdir. Bu qurğu keçid prosesində yalnız tiristorların idarəetməsinin diskretliyi ilə şərtlənən qeyd edilmiş (fiksə olunmuş) gecikmə yaradır. Avtomatik tənzimləmə sisteminin struktur sxemində tiristorlu təsirləndirici gecikdirici bənd və ya sadələşdirmə məqsədilə ətalətsiz bənd ilə təsvir olunur. Ona görə də tiristorlu təsirləndiricidə gərginliyin artma sürəti $(dU_t/dt)_{or} \to \infty$ qəbul edilir. Ətalətli təsirləndiricilər üçün rotor gərginliyinin artma sürəti $(dU_t/dt)_{or} = 2tv/san$ qiymətindən az olmayaraq müəyyən edilmişdir.

Təsirlənmə vahidi kimi ($t.v$) sinxron generatorun nominal təsirlənmə gərginliyi $U_{t,nom}$ qəbul edilir.

Təsirlənmənin gücləndirilmə dəfəliyi K_F mümkün ən böyük (sərhəd) gərginliyin $U_{t,F}$ nominal gərginliyə $U_{t,nom}$ nisbəti və ya göstərildiyi kimi $I_{t,F}$ və $I_{t,nom}$ cərəyanlarının nisbəti kimi təyin oluna bilər. Gücləndirmə dəfəliyi, adətən elektromaşın təsirləndirici üçün 2-ni, tiristorlu təsirləndirici üçün isə təqribən 4-ü keçmir.

Verilmiş K_F gücləndirmə dəfəlikli artma sürəti qeyd edildiyi kimi T_e zaman sabitindən asılıdır və bu M maşın və ya MD-maşın-diod tənzimlənmənin reallaşdırılması mümkünlüyünü təyin edir. Yalnız təsirlənmənin M-tənzimlənməsi reallaşdırılan sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiriciləri daha ətalətlidir ($T_e = 0{,}5san$).

Cəldtəsirli tiristorlu təsirləndiricilər, xüsusən çevrilmiş generatorun (şək. 2.3,c) təsirlənmə dövrəsində tiristor çeviricili fırçasız və tiristorlu təsirləndiricilər (şək. 2.3,d) təsirlənmənin MD-tənzimlənməsinin effektivliyini təmin edir.

Fırçasız təsirləndiricinin kiçik ətalətliliyi *GE* çevrilmiş generatorun təsirlənmə dövrəsindəki R_b ballast rezistorunda səpələnən tiristorlu çeviricinin gücü və T_e zaman sabitini azaldan sərt mənfi əks-əlaqə (ƏƏ) hesabına təmin olunur.

2.4. Sinxron generatorların elektromaşın təsirləndiricili təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi

Sinxron generatorların gərginliyi və reaktiv gücünün elektromaşın təsirləndiricili avtomatik tənzimləyiciləri yuxarıda qeyd edildiyi kimi onların təsirlənməsinin M-tənzimləyicilərindən ibarətdir.

Tənzimləyici $I_{tən}$ təsirinin gərginliyin təsiredici qiymətinin $\Delta U_G = U_G - U_{G.sr}$ meylinə mütənasib olması səbəbindən (şək. 2.3,a,b) tənzimlənən sinxron generatorun $U_G = f(I_G)$ tənzimləmə xarakteristikası (xarici xarakteristika) mailli, yəni statik alınır. Sinxron generatorun nominal rejimində ($I_{G.nom}, \cos\varphi_{G.nom}$) $I_{tən.nom}$ cərəyanını yaradan və xarakteristikanın $K_{st} = \Delta \underset{*}{U}_{G.nom} = tg\alpha$ statizm əmsalına bərabər olan gərginliyin nisbi qalıq meyli $\Delta \underset{*}{U}_{G.nom} = \Delta U_{G.nom} / U_{G.nom}$ avtomatik tənzimləmə sisteminin $\cos\varphi_G$ güc əmsalından asılı olan $\Delta \underset{*}{U}_G$ statik xətasını təyin edir. Bu xəta, adətən gərginliyin meylinin yol verilən hədlərində olur: $\left| \pm \Delta \underset{*}{U} \right| < 0{,}05$. Bu səbəbdən də astatik təsirlənmə tənzimləyicilərinə zəruriyyət qalmır. Bununla yanaşı onlar ətalətlidir və elektrik verilişinin buraxma qabiliyyətinin yüksəldilməsi nöqteyi-nəzərindən məqbul hesab olunmur.

Sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorların TAT tənzimləyiciləri. Generatorun I_G yük cərəyanı və onun $\cos\varphi_G$ güc əmsalı sinxron generatorun gərginliyinin meylini yaradan həyəcanlandırıcı təsirlərdir. Ona görə də (2.3) düsturuna və şək. 2.1,b–yə uyğun olaraq yazarıq:

$$U_G = \sqrt{E_q^2 - (I_a X_d)^2} - I_r X_d = \sqrt{E_q^2 - (I_G X_d)^2 \cos^2\varphi_G} - I_G X_d \sin\varphi_G \quad (2.12)$$

Bununla əlaqədar olaraq, sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorların gərginliyi və reaktiv gücünün avtomatik tənzimlənmə texnikasında generatorların daxili müqavimətindəki gərginlik düşgülərinin kompensasiyasını yerinə yetirən avtomatik qurğulardan – kompaundlaşdırma qurğularından istifadə edilir. Bu avtomatik qurğular həyəcanlandırıcı təsirlərdən işləyən və tənzimlənən (idarə olunan) elektroenergetika obyekti (*İEO*) ilə açıq dövrəli avtomatik tənzimləmə sistemi təşkil edən sadə M – avtomatik tənzimləyicisinə aiddir.

Gərginliyin meyli üzrə işləyən avtomatik tənzimləyici, qeyd edildiyi kimi, *İEO* ilə qarşılıqlı təsirdə qapalı dövrəli avtomatik tənzimləmə sistemini əmələ gətirir. Bu halda gərginliyin meyli üzrə işləyən avtomatik tənzimləyici kompaundlanmış generatorun xarici xarakteristikasında yalnız düzəlişləri həyata keçirir, kompaundlanma qurğusunun sadəliyi səbəbindən digər həyəcanlanmaların təsiri nəticəsində birqiymətli işləmədiyindən və gərginliyin tənzimlənmə dəqiqliyi tələbləri ödənilmədiyindən, onu təshih edir. Buna görə də belə tənzimləyici kompaundlanmış generatorun gərginlik korrektoru adlanır.

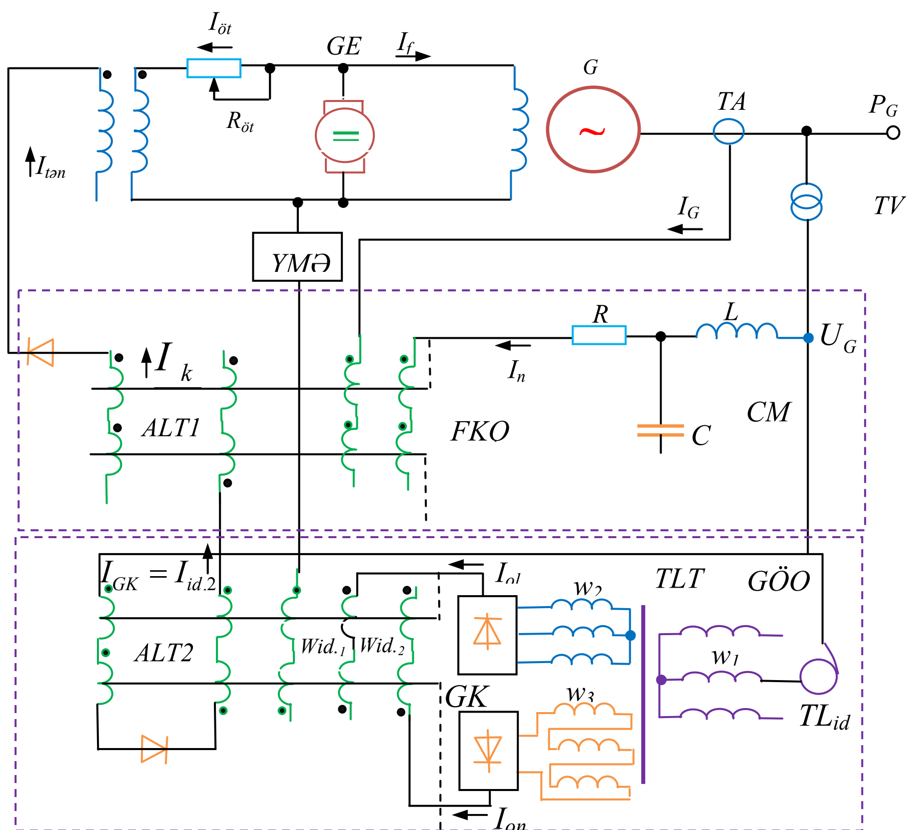
Sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorlar (şəkil 2.3,a) üçün buraxılan daha mükəmməl kombinə olunmuş avtomatik tənzimləyici iki əsas həyəcanlandırıcı təsirdən - I_G yük cərəyanından və $\cos\varphi_G$ güc əmsalından işləyən *FKQ* faza kompaundlanma qurğusunun idarəolunan *GK* gərginlik korrektorudur.

Onun sadələşdirilmiş prinsipial – funksional sxemindən göründüyü kimi (şək. 2.4,a), bu qurğu *ALT1* transformatorlu və *ALT2* reaktorlu maqnit gücləndiriciləri ilə yerinə yetirilir [31]. Tənzimləyicinin $I_{tən}$ çıxış cərəyanı *ALT1* gücləndiricisinin dəyişməz idarə cərəyanı şəraitində ($I_{id} = const$) onun qidalanma cərəyanına mütənasibdir. Bu cərəyan generatorun *TA* ölçü cərəyan transformatorundan daxil olan $\underline{I}_G$ ikinci yük cərəyanı və *TV* ölçü gərginlik transformatorundan daxil olan $\underline{U}_G$ ikinci gərginliyi ilə təsirlənən $\underline{I}_n$ cərəyanının həndəsi cəmi ilə təyin olunur. TV gərginlik transformatoru *LCR* ballast dövrəsi ilə birlikdə *CM* rezonans cərəyan mənbəyinə cevrilir.

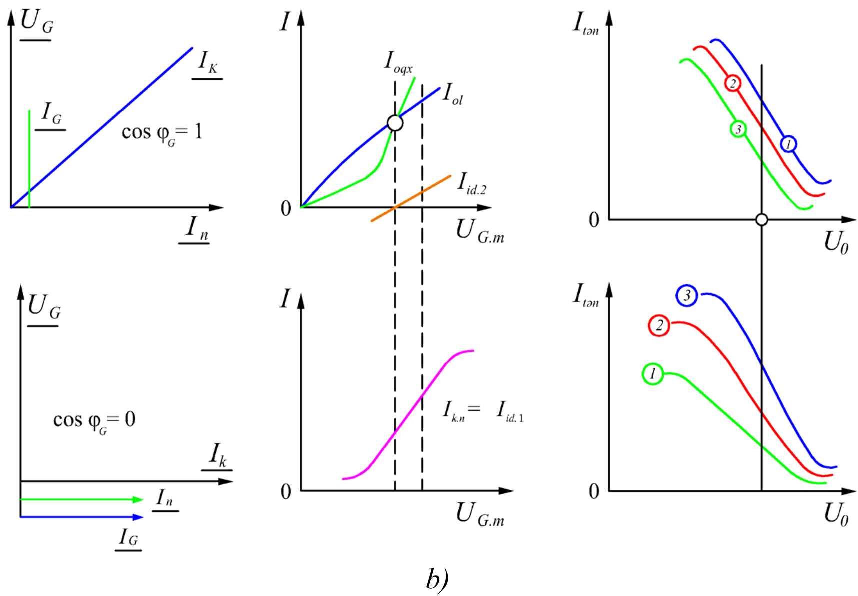
Vektor diaqramına uyğun olaraq (şək. 2.4,b), $\underline{I}_k$ cərəyanının mütləq qiyməti nəinki $\underline{I}_G$ cərəyanından, həmçinin $\cos\varphi_G$-dən asılıdır: generator yalnız aktiv yükə malik olduqda ($\cos\varphi_G = 1$) $\underline{I}_k$ cərəyanı fazaca $\pi/2$ bucağı qədər sürüşmüş $\underline{I}_G$ və $\underline{I}_n$ cərəyan vektorlarının həndəsi cəminə, reaktiv yükə malik olduqda isə ($\cos\varphi_G = 0$) onların hesabi cəminə bərabərdir. Lakin $\underline{I}_k$ cərəyanının belə sadə formalaşma sxemi, təsirləndirici və tənzimlənməyən sinxron generatorun xarici xarakteristikalarının qeyri-xəttiliyi (generatorun və təsirləndiricinin maqnit dövrələrinin doyması) halında $I_{tən} \cong I_k$ cərəyanı təsirləndiricinin təsirlənməsinin artırılması yolu ilə generatorun daxili gərginlik düşgüsünün yalnız təqribi kobud kompensasiyası mümkündür.

Gərginlik korrektoru generatorun kompaundlanma dərəcəsini idarə edir – *ALT2* reaktorlu maqnit gücləndiricisinin $I_{k.n}$ çıxış cərəyanına bərabər olan $I_{id.1}$ idarəetmə cərəyanını *ALT1* gücləndiricisi tərəfindən artırıb-azaltmaq yolu ilə $\underline{I}_k$ cərəyanının mütləq qiymətini dəyişir. Məsələn, sinxron generatorun U_G gərginliyinin təsiredici qiyməti azaldıqda $I_{GK} = I_{id.1}$ cərəyanı da azalır və bu halda *ALT1* transformatorlu maqnit gücləndiricisinin keçid

xarakteristikasına uyğun olaraq, onun I_k çıxış cərəyanı və $I_{tən}$ cərəyanı artır, təsirləndiricinin və sinxron generatorun təsirlənməsi güclənir, generatorun E_q EHQ-si onun gərginliyinin bərpası üçün kifayət edən qiymətədək (tənzimlənmənin statik xətası ilə) artır.



a)



b)

Şək. 2.4. TAT-ın sadələşdirilmiş sxemi (a) və xarakteristikaları (b)

ALT2 reaktorlu maqnit gücləndiricisi tənzimləyicinin *GÖO* gərginlik ölçü orqanının $I_{id.2}$ çıxış cərəyanı ilə idarə olunur. O, iki cərəyanın mütləq qiymətlərinin diodlu müqayisə elementi üzərində yerinə yetirilmişdir. Bu cərəyanlar generatorun U_G gərginliyindən xətti və qeyri-xətti asılı olub, *ALT2* maqnit gücləndiricisinin qarşı qoşulmuş iki eyni $\omega_{id.1}, \omega_{id.2}$ idarə dolaqlarında I_{0x}, I_{0qx} düzləndirilmiş qiymətlərinin maqnit fərqi ilə ifadə olunurlar.

Müsbət əks-əlaqəli reaktorlu maqnit gücləndiricisinin keçid xarakteristikasına uyğun olaraq, onun $I_{k.n} = I_{id.1}$ çıxış cərəyanının baxılan azalması halında (U_G gərginliyi azalan halda) azalan,

sonra isə mənfi qiymət alan $I_{id.2} = I_{0qx} - I_{0x}$ idarə cərəyanı lazımdır (şək. 2.4,c).

Müqayisə cərəyanları doyan maqnit nüvəli *TLT* üçdolaqlı transformator üzərində yerinə yetirilmiş U_G gərginliyi xətti və qeyri-xətti ölçü çeviriciləri tərəfindən formalaşdırılır (şək. 2.4,a). I_{0x} cərəyanı transformatorun ω_2 ikinci dolağının üçfazalı gərginliyi ilə təsirləndirilir və U_G gərginliyinə mütənasibdir. I_{0qx} cərəyanı isə açıq üçbucaq sxemi üzrə qoşulmuş dolağın ω_3 üçqat tezlikli birfazalı EHQ-yə mütənasibdir. Onun mütləq qiyməti doyan maqnit nüvənun maqnitləşdirici cərəyanının üçüncü harmonikası kimi U_G gərginliyinin qeyri-xətti funksiyasıdır.

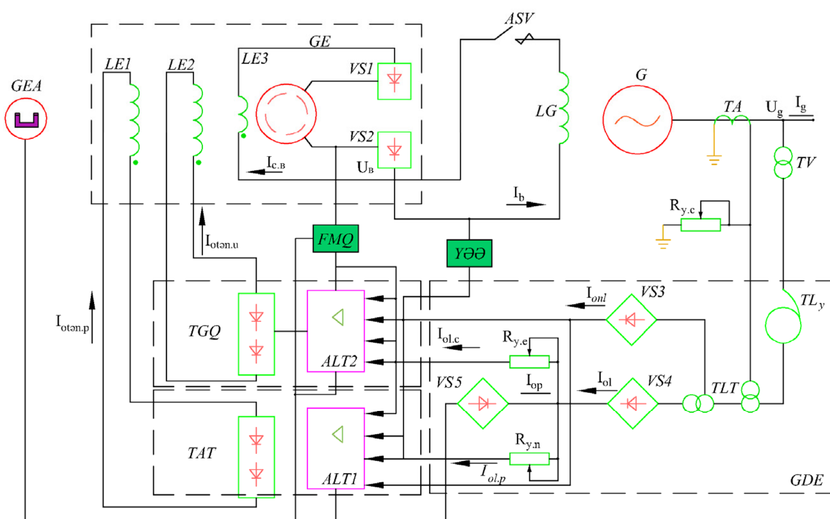
GÖO və maqnit gücləndiricilərinin xarakteristikaları avtomatik tənzimləyicinin sazlanmasını və işləməsini təmin edir (TL_{id} avtotransformatoru ilə). Xüsusi halda, şək. 2.4,ç-dəki çoxqiymətli 1-3 qrafikləri $I_{tən}$ cərəyanının sinxron generatorun üç müxtəlif artan $\cos\varphi_G$ və I_G yük cərəyanı qiymətləri zamanı generatorun gərginliyindən asılılığını göstərirlər.

Tənzimləyicinin sxemində göstərilmiş (şək. 2.4,a) yerli yumşaq mənfi əks-əlaqə *YMƏ* məlum olduğu kimi, sinxron generatorun mütənasib təsirli qapalı TAT-ın dayanıqlı işləməsini təmin edir (avtorəqslərin yaranmasının qarşısını alır).

Avtomatik tənzimləyici R_{ot} reostatı vasitəsilə (şək. 2.3,a) generatorun yüksüz işləmə vəziyyətindən nominala qədər lazımi tənzimlənməsini və təsirlənmənin forsirovkasını təmin edir. Sxemdə gərginliyin 10%-dan artıq azalması hallarında təsirlənmənin rele kontaktlı gücləndiricisi də nəzərdə tutulur.

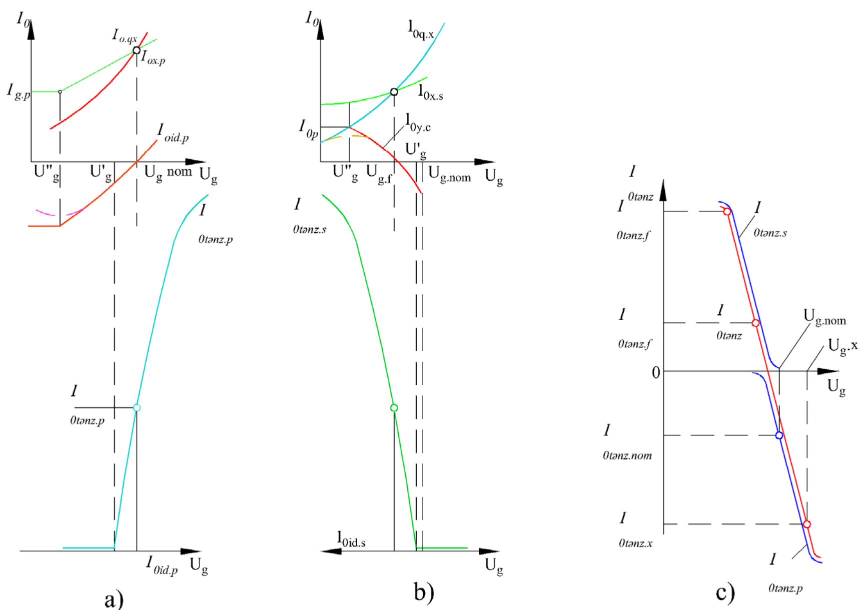
Dəyişən cərəyan elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorların TAT-ı. Diod düzləndiricili yüksək tezlikli dəyişən cərəyan induktor generatoru şəklində elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorlarda (şək. 2.3,b) təsirlənmənin forsirovkası (gücləndirilməsi) kontaksız qurğusu *TGQ* ilə tamamlanmış və yalnız gərginliyin meyli üzrə işləyən (şək 2.5) TAT elektromaqnit

tənzimləyicisi qoyulmuşdur [31,32]. Generatorun rotor cərəyanı ilə güclü ifrat təsirlənməsi, belə təsirləndiricinin əsas xüsusiyyətidir: qeyd edildiyi kimi induktorlu generator ardıcıl öz-özünə təsirlənməyə malikdir (*LE3* dolağı). Ona görə də avtomatik tənzimləyici yüksüz işləmə vəziyyətindən nominala qədər bütün normal rejimlərdə və yalnız onun təsirlənməsinin azalması istiqamətində təsir göstərir. Lakin TAT tənzimləyicisi və *TGQ* təsirlənmənin gücləndirilməsi qurğusunun belə uyğunlaşdırılmış işi sinxron generatorun təsirlənməsinin forsirovkası rejimində təsirləndiricinin təsirlənməsini nəinki azaldır, həm də artıra bilir. Normal rejimlərdə təsirlənmənin avtomatik dəyişməsi *LE1* təsirlənmə dolağında öz-özünə təsirlənməyə əks olan $I_{0tən.p}$ - tənzimləyicinin özünün *ALT1* maqnit gücləndiricisinin çıxış cərəyanı ilə yerinə yetirilir. Təsirlənmənin forsirovkasına *LE2* dolağında *ALT2* maqnit gücləndiricisinin öz-özünə təsirlənmə cərəyanı ilə uyğunlaşdırılmış təsir göstərən $I_{0tən.u}$ cərəyanı üzrə nail olunur.



Şək. 2.5. Diod-elektromaşın təsirləndiricili sinxron generatorun təsirlənmə və gərginliyinin avtomatik tənzimlənmə sxemi

Tənzimləyicinin *GÖO* gərginlik ölçü orqanı elekmaqnit korrektorlarda tətbiq olunan qurğuya analoji olaraq yerinə yetirilmişdir. Onun əsas xüsusiyyəti *TLT* qeyri-xətti maqnitləşdirici cərəyandan istifadə olunması və iki əlavə qoyulmuş $R_{q.s}, R_{q.p}$ rezistorlarının olmasıdır. Bu rezistorlar tənzimləyicinin uzlaşmış və əks qoşulmuş hissələrinin sazlanması və bütünlükdə tənzimləyicinin $I_{0tən} = f(U_G)$ xarakteristikasının alınması üçün zəruridir. Rezistorlar vasitəsilə $I_{0x.s}$ və $I_{0x.p}$ xətt cərəyanlarının generatorun U_G gərginliyindən asılılıqları müəyyən edilir, bu isə turbogeneratorun təsirlənməsinin yuxarıda qeyd olunan dəyişmə diapazonunda maqnit gücləndiricilərinin işləməsi üçün zəruridir.



Şək. 2.6. Elektromaqnit tənzimləyicinin xarakteristikaları:
a - ölçü orqanı üçün;
b - maqnit gücləndiriciləri üçün;
c – bütünlüklə tənzimləyici üçün

Şək. 2.6,a,b-də gərginlik ölçü orqanının iki xarakteristikası və maqnit gücləndiricilərinin idarə xarakteristikaları təsvir olunmuşdur. *ALT1* gücləndiricisi $I_{0id.p} = I_{0qx} - I_{0x.p}$ cərəyanı ilə, *ALT2* gücləndiricisi isə $I_{0id.s} = I_{0x.s} - I_{0qx}$ cərəyanı ilə idarə olunur. $I_{0id.p}$ və $I_{0id.s}$ cərəyanlarının sıfra bərabərliyi generatorun U_G gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində baş verir. $I_{0id.p}$ cərəyanı nominal rejimin verilmiş gərginliyində sıfra bərabərdir, bu halda *ALT1* maqnit gücləndiricisinin işçi cərəyanı tənzimləyicinin $I_{0tən.p.nom}$ nominal cərəyanına bərabərdir. $I_{0id.s}$ cərəyanının sıfra bərabər olduğu $U_{G.F} < U_{G.nom}$ gərginliyi $R_{id.s}$ rezistoru ilə elə tənzimlənir ki, turbogeneratorun gərginliyi U_G-yə qədər azaldıqda (*ALT1* gücləndiricisinin xarakteristikasının işçi diapazonu tükənir $I_{0tən.p} = 0$) *ALT2* maqnit gücləndiricisi işə düşür. $U_{G.F}$ gərginliyinə generatorun təsirlənməsinin forsirovkası qurğusunun işə başladığı şərti ekvivalent gərginlik kimi baxmaq olar.

Şək. 2.6,c-də bütünlükdə avtomatik tənzimləyicinin $I_{0tənz} = f(U_G)$ xarakteristikasını əmələ gətirən, tənzimləyicinin uzlaşmış və əks qoşulu hissələrinin birləşdirilmiş xarakteristikaları verilmişdir.

Gərginliyin kəskin azalmaları zamanı (ölçü çeviricilərinin cərəyanları fərqi praktik olaraq sıfra qədər azalır) gərginlik ölçü orqanına I_{0x} xətt cərəyanını əvəz edən alttəsirləndiricidən $I_{0.alt}$ cərəyanı daxil olur (şək. 2.3,b-yə bax). $I_{0.alt}$ cərəyanı generatorun işə buraxılması zamanı onun ilkin təsirlənməsinin yaradılması üçün lazımdır. Bu halda $I_{0.alt}$ cərəyanı hesabına təsirləndiriciyə

onun təsirlənməsinin başlanmasını şərtləndirən maksimal $I_{0tən.F}$ cərəyanı verilir.

Göstərildiyi kimi, elektrik verilişinin dinamik dayanıqlığının artırılması məqsədilə sinxron generatorların təsirlənməsinin gücləndirmə dəfəliyinin mümkün qədər böyük götürülməsi məqsədəuyğundur. Lakin aktiv materialların intensiv istifadə olunduğu müasir böyük güclü turbo- və hidrogeneratorlar üçün dolaqların soyudulmasının sürətləndirilməsinə baxmayaraq, termiki dayanıqlıq şərti üzrə təsirlənmənin gücləndirilməsinin artırılmasına yol verilmir. Ona görə də təsirlənmənin forsirovka dəfəliyinin məhdudlaşdırılması belə generatorlarda təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsinin xüsusiyyətlərindən biridir. Bununla yanaşı təsirləndiricilərin yüksək gücləndirmə dəfəliyi generatorun rotor gərginliyinin yüksək artım sürətinin təmin olunması üçün saxlanmalıdır.

Forsirovka dəfəliyinin məhdudlaşdırılma qurğusu *FMQ* (şək. 2.5) mahiyyətinə görə generatorun rotor U_t gərginliyinin qeyri-reversiv təsirli tənzimləyicisindən ibarətdir. U_t gərginlik ölçü orqanı tipik sxem üzrə yerinə yetirilir (şək. 2.4,a) və $U_{t.sr} = 2U_{t.nom}$ gərginliyinə sazlanır. Maqnit gücləndiricidə tənzimləyicinin öz-özünə doyması ilə $U_t \geq 2U_{t.sr}$ zamanı rele rejimində forsirovkanın işini təmin edən əlavə xarici müsbət əks-əlaqə nəzərdə tutulur.

Turbogeneratorun rotorunda ikiqat gərginlik olduqda maqnit gücləndiricinin I_{0F} cərəyanı kəskin artır (praktik olaraq sıfırdan başlayaraq) və gərginlik tənzimləyicisinin *ALT1* və *ALT2* maqnit gücləndiricilərinə təsir edir. Bu halda *ALT1* gücləndiricisinin $I_{0tən.s}$ cərəyanı təsirlənmənin ikidəfəli forsirovkasına uyğun $I_{0tən.0.F}$ qiyməti qədər məhdudlaşırılır (şək. 2.6,c).

2.5. Tiristorlu təsirlənməyə malik sinxron generatorların gərginliyi və reaktiv gücünün avtomatik tənzimləyici qurğuları

Təyinatı və xüsusiyyətləri. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, müasir böyük güclü sinxron generatorların praktiki ətalətsiz olan tiristor təsirləndiriciləri halında (şək. 2.3,c,d) gərginliyin və reaktiv gücün mütənasib – diferensial (MD) avtomatik tənzimlənməsi alqoritmi reallaşdırılır. Təsirləndiriciyə təsirinin intensivliyi və cəldliyi ilə əlaqədar olaraq, onlar "güclü"təsirli tənzimlənmə (GT TAT) kimi də adlandırılır. GT TAT–ın qeyd olunan vacib xüsusiyyətləri onların nəinki sinxron generatorun gərginliyinin meylinə, həm də onun dəyişmə sürəti və təcilinə görə idarəedici siqnalların formalaşdırmasını həyata keçirməyə imkan verməklə yanaşı, həmçinin uzun və çox yüklənmiş elektrik verilişinin vacib rejim parametri olan generatorun $\underline{E}_q$ EHQ, EES yarimstansiyası şinlərindəki $\underline{U}_s$ gərginlik vektorları arasındakı faza sürüşmə bucağının artma sürətində və təcilində əks olunur (şək. 2.1,b). Ona görə də GT TAT, nəinki elektrik stansiyası şinlərində gərginliyin və sinxron generatorların hasil və ya tələb etdiyi reaktiv gücün verilmiş səviyyədə saxlanmasını təmin edir, həmçinin elektrik stansiyalarının paralel işinin statik və dinamik dayanıqlıqlarının maksimal mümkün səviyyəyədək yüksəldilməsinə imkan verir.

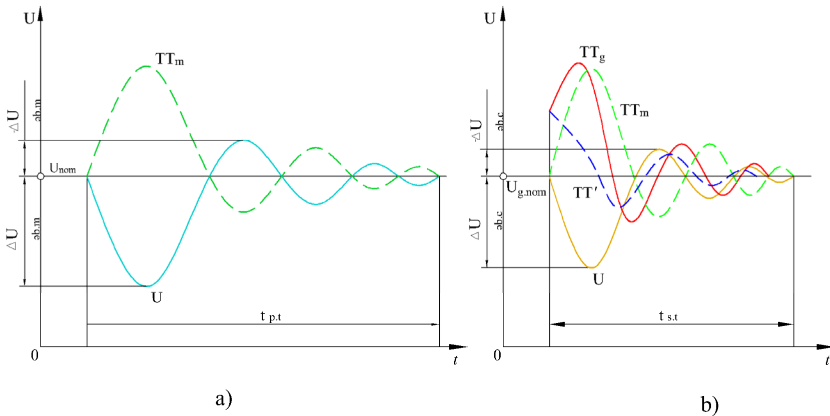
Təsirlənmənin mütənasib (şək. 2.7,a) və mütənasib – diferensial (şək. 2.6,b) tənzimlənməsi halında, hətta sinxron generatorun gərginliyinin yalnız birinci tərtib törəməsindən istifadə edildikdə, tənzimləyici təsirlərinin qrafikləri GT TAT-ın göstərilən üstünlüklərini əyani olaraq nümayiş etdirir.

TT_g tənzimləyici təsiri gərginliyin meyletməsi və dəyişmə sürəti ilə şərtlənən TT_m və TT' təsirlərinin cəminə bərabərdir. Qrafiklərdən göründüyü kimi, gərginliyin dəyişməsinin başlanğıc anında TT_m tənzimləyici təsiri hələlik yoxdur, lakin TT' təsiri maksimaldır və təsirlənmənin tənzimlənməsi olmayan halda

$\Delta U_{\max}$ meyli böyük olduqca daha da böyük olur. Ona görə də eyni şəraitdə cəld təsirli avtomatik tənzimlənmə zamanı gərginliyin $\Delta U_{\max.c}$ ən böyük meyli mütənasib təsirlənmə halındakı $\Delta U_{\max.m}$ meylindən kifayət dərəcədə az alınır.

Gərginliyin bərpası prosesi cəld və daha keyfiyyətlə baş verir ($t_{tən.c} < t_{tən.c}$). Gərginliyin keyfiyyətinin qeyd olunan yaxşılaşması tənzim olunan gərginliyin əvvəlki qiymətinə çatma anını qabaqlamaqla, TT_s tənzimləyici təsirin işarəsinin dəyişilməsi ilə şərtlənir və beləliklə gərginliyin bərpa olunmasına əks təsir başlayır. Güclü təsirli tənzimləmə zamanı gərginliyin bərpası rəqsi prosesinin ilk periodunda onun verilmiş qiyməti keçməsi $(-\Delta U_{\max.c})$ mütənasib tənzimləmə halına nisbətən azdır $(-\Delta U_{\max.m})$. Beləliklə, GT TAT gərginliyin rəqslərinin sakitləşdirilməsini (dempferlənməsini) təmin edir.

GT TAT-ın alqoritmi. Avtomatik tənzimlənmənin alqorotmi və ya qanunu dedikdə, generatorun təsirləndiricisinə tənzimləyici təsiri təyin edən elektrik verilişinin rejim parametrlərinin funksiyası kimi başa düşülür.



Şək. 2.7. Sinxron generatorun və həyəcanlandırıcı təsirlərin M (a) və MD-tənzimləyicilərin (b) gərginliklərinin dəyişmə qrafikləri

GT TAT-ın təyinatına uyğun olaraq, əsas parametr üzrə - generatorun $\underline{E}_q$ EHQ–si və EES yarımstansiyası şinlərindəki $\underline{U}_s$ gərginliyi arasındakı δ bucağı üzrə təsirin formalaşdırılması daha məqsədəuyğun hesab olunur (şək. 2.1,b). Müvafiq siqnalların alınması üçün $\underline{U}_s$ vektoru üzrə informasiyanın televerilişini həyata keçirmək lazımdır.

Teleötürücü qurğunun mürəkkəbliyi və etibarlılığının kifayət dərəcədə olmaması ilə əlaqədar olaraq, gərginliyin tezliyinin dəyişməsi – sinxron generatorun δ bucağının zamana görə törəməsinə mütənasib olan ani tezlik istifadə olunur. Ona görə də CT TAT-ın alqoritminə aşağıdakılar daxil edilir: U_G gərginliyinin amplitudasının və ya təsiredici qiymətinin verilmiş (təyin edilmiş) $U_{G.ver}$ qiymətindən meyletməsi; gərginliyin törəməsi $U'_G = dU_G/dt$; f tezliyinin dəyişməsi $\Delta' f = d\delta/dt$ və birinci törəməsi $f' = df/dt \cong d^2\delta/dt^2$; generatorun təsirlənmə cərəyanının törəməsi $I'_t = dI_t/dt$.

Gərginliyin meyli ΔU_G sinxron generatorun yük cərəyanının və ya elektrik veriliş xəttinin əvvəlindəki

$$\left|\underline{U}_x\right| = \left|\underline{U}_G - j\underline{I}_G X_T\right| \approx const \qquad (2.13)$$

gərginliyinin dəyişmələri zamanı U_G gərginliyinin praktiki olaraq sabit saxlanmasının (tənzimlənmənin statik xəta dəqiqliyi ilə) təmin olunması üçün zəruridir. Tənzimləyicinin çıxışında siqnal generator - transformator blokunun transformatorunun X_T müqavimətindəki $j\underline{I}_G X_T$ gərginlik düşgüsünün modelləşdirilməsi yolu ilə formalaşdırılır.

Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsində U_G gərginliyinin törəməsinin rolu TT' qrafiki ilə təsvir olunmuşdur (şək. 4.7,b). Məlum olduğu kimi, tənzimlənən kəmiyyətin törəməsi

üzrə siqnalın istifadə olunması qapalı avtomatik tənzimləmə sisteminin işinin dayanıqlığının təmin olunmasının ikinci üsuludur: birinci üsul yumşaq yerli mənfi əks-əlaqənin daxil edilməsi, yəni onun stabilləşdirilməsi üsuludur. Gərginliyin törəməsi üzrə siqnal hər şeydən əvvəl generatorun yüksüz işləməsi zamanı təsirlənmənin avtomatik tənzimlənmə sistemini stabilləşdirir.

Tezliyin dəyişməsi və törəməsini əks etdirən siqnallar generatorun təsirlənmə cərəyanı və gərginliyinin törəməsi üzrə siqnallarla birlikdə yüklənmiş elektrik veriliş xətti də daxil olmaqla qapalı avtomatik tənzimlənmə sisteminin dayanıqlığını artırır və bununla elektromexaniki keçid prosesinin sönməsini təmin edir – elektrik stansiyalarının EES ilə paralel işinin statik və dinamik dayanıqlığını qeyd edildiyi kimi artırır.

Beləliklə, GT TAT–ın alqoritmi aşağıdakı kimi yazılır:

$$U_{tən} = k_U \Delta U + k'_U U' + k_f \Delta' f + k'_f f' + k'_I I'_t \qquad (2.14)$$

və ya operator formasında

$$U_{tən}(\overline{p}) = (k_U + pk'_U)\Delta U(\overline{p}) + \left[\frac{pk_f}{pT_{r.d} + 1} + pk'_f \right] + \Delta f(\overline{p}) + pk'_I I'_t(\overline{p}) \qquad (2.15)$$

burada, $\Delta f -$ generatorun gərginliyinin f_G tezliyinin f_s sinxron tezlikdən meyletməsi, $\Delta f = f_s - f_G = 2\pi\Delta f$; $k'_U, k_f, k'_f, k'_I -$ zaman sabiti ölçülü əmsallardır.

(2.14) və (2.15) ifadələrindən göründüyü kimi, tezliyin dəyişməsi $\Delta' f$ üzrə siqnal nisbətən böyük $T_{r.d}$ zaman sabiti ilə real diferensiallayıcı bənd tərəfindən formalaşdırılır; bu siqnal yalnız tezliyin dəyişməsi keçid prosesində mövcud olur. Qərarlaşmış rejimdə tezliyin Δf meyli halında $\Delta' f$ mövcud olmur.

Tənzimləyicinin struktur sxemi. Qeyd edildiyi kimi, avtomatik tənzimləyicinin strukturu məlum alqoritm üzrə iki üsul

ilə formalaşdırıla bilər. (2.15) alqoritminə uyğun olaraq, sxemin düz əlaqə dövrəsində müvafiq struktur bəndlərin paralel birləşdirilməsinin birinci üsulu birqiymətli təyin olunur.

GT TAT-ın ideallaşdırılmış struktur sxemi (şək. 2.8) k_U gücləndirmə əmsallı ətalətsiz bənddən, pk'_U, pk'_f, pk'_I ötürmə funksiyalı ideal diferensiallayıcı bəndlərdən və $[p/(pT_{r.d}+1)]k_f$ ötürmə funksiyalı real diferensiallayıcı bənddən; AW ətalətsiz cəmləyicidən və avtomatik tənzimləyicinin icraedici gücləndiricisini əks etdirən $1/(pT_g+1)$ ötürmə funksiyalı aperiodik bənddən təşkil olunur.

Tənzimlənən obyekt olan təsirləndiricili sinxron generator GT TAT–nın struktur sxemində zaman sabitləri təsirləndirici üçün $\mathrm{T_e} < 0{,}1 san$ və sinxron generator üçün $T'_{d0} = T_{d0}X'_d / X_d \approx 1 san$ olan iki ardıcıl birləşmiş $1/(pT_e+1)$ ötürmə funksiyalı aperiodik bəndlərlə göstərilmişdir.

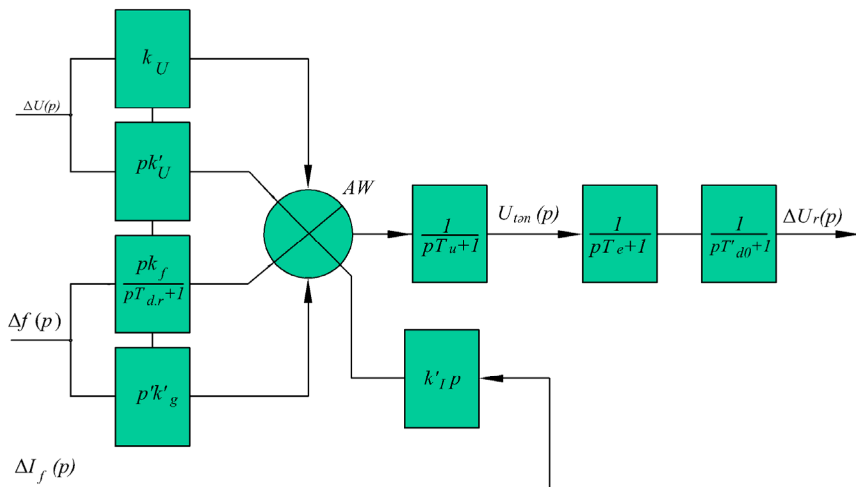
GT TAT-ın real struktur sxemində bütün bəndlər ətalətli, onların zaman sabitləri isə müxtəlifdir. Belə ki, ideal və real diferensiallayıcı bəndlərin $T_{d.i}$ və $T_{d.r}$ zaman sabitləri üçün $T_{d.r} \approx 10T_{d.i}$ qeyd etmək olar. Δf tezlik meylinin ölçü çeviricilərinin cəldliyi generatorun gərginliyinin ΔU gərginlik meylinin ölçü çeviricilərinə nisbətən az olduğundan, sxemə tezliyin dəyişməsi və törəməsi üzrə siqnalların formalaşma dövrəsinə aperiodik bəndlər daxil edilir.

$$U_{ten}(\bar{p}) = \frac{\left[\frac{k_U}{0{,}014p+1} + \frac{pk'_U}{0{,}026p+1}\right]\Delta U(\bar{p}) + \left[\frac{pk_f}{0{,}9p+1} + \frac{pk'_f}{0{,}026p+1}\right]\Delta f(\bar{p})}{(0{,}03p+1)(0{,}045p+1)(0{,}00042p^2+0{,}041p+1)} \quad (2.16)$$

Məsələn, tənzimləyicinin dinamik xüsusiyyətlərinin tədqiqi zamanı istifadə olunan GT TAT-ın real alqoritminə yaxın olan

tənzimləmə qanununa nəzər yetirsək, görərik ki, ikinci tərtib bəndlərlə $\Delta' f$ və f' siqnallarının formalaşma dövrələrində və GT TAT-ın gücləndirici - icra hissəsində ardıcıl birləşmiş iki aperiodik bənd nəzərə alınmışdır. Lakin onların zaman sabitləri təsirləndiricinin T_e və sinxron generatorun T'_{d0} zaman sabitlərinə nisbətən kiçikdir. Ona görə də GT TAT-ın sazlanma parametrlərinin hesablanması zamanı (2.15) ideallaşdırılmış alqoritmindən və şək. 2.8-in struktur sxemindən istifadə etmək mümkündür.

GT TAT-ın texniki icra olunması. Əksər elektrik stansiyalarında maqnit gücləndiriciləri üzərində yerinə yetirilmiş elektromaqnit GT TAT istismar olunur. Müasir dövrdə rəqəmsal mikroprosessorlu GT TAT-ın təcrübi istismarı həyata keçirilir.



Şək. 2.8. GT TAT sisteminin struktur sxemi

Onun ilk işlənmələrində K580 seriyalı 8-dərəcəli mikroprosessor və $10^{-2}T_p$-dən böyük olmayan bir giriş siqnalının analoq-rəqəm çevrilmə (ARG) müddətli 10-dərəcəli ARÇ istifadə olunmuşdur. Son modifikasiyalarda K1810 seriyalı 16-dərəcəli BİS mikroprosessor dəsti və bir kanalın $10^{-3}T_p$ çevirmə müddətli cəldtəsirli 12-dərəcəli ARÇ tətbiq olunur.

ASM-80 Assembler dilində yazılmış proqram (2.14) alqoritminə uyğun olaraq onun işini və sinxron generatorun təsirlənməsinin idarə olunması üzrə GT TAT-ın qeyd edilən digər funksiyaları üçün zəruri olan siqnalların formalaşdırılmasını təmin edir. Tənzimləyici çıxış ARÇ elementinə malikdir və bu mütləq qiymət və işarəcə dəyişən (reversiv təsirli tənzimləyici) sabit cərəyan $U_{tən}$ gərginliyi şəklində tənzimləyici təsiri hasil edir.

2.6. Təsirlənmənin mikroprosessorlu avtomatik tənzimləyiciləri

Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsinin mikroprosessorlu element azası əsasında realizasiyasının alqoritmi fərq tənlikləri və zaman funksiyasının z-çevirməsi ilə yazılır (2.14). Məlum münasibətə

$$p = \frac{1 - z^{-1}}{T} = \frac{z - 1}{zT} \tag{2.17}$$

və onun z-təsvirinə uyğun olaraq tənzimləyici təsirin p-təsviri (2.15) aşağıdakı kimi yazılır:

$$U_T(z)\left[k_U+\frac{k'_U}{T}\left(1-z^{-1}\right)\right]\Delta U(z)+$$

$$+\left[\frac{k_f}{1+T/T_{d.r}}\frac{1-z^{-1}}{1-z^{-1}/\left(1+T/T_{d.r}\right)}+\frac{k'_f}{T}\left(1-z^{-1}\right)\right]\Delta f(z)\cdot \quad (2.18)$$

$$+\frac{k'_I}{T}\left(1-z^{-1}\right)I_T(z)$$

burada $T-$ ARÇ-nin diskretləşdirmə intervalı; U_T $-$ tənzimlənmə gərginliyi; I_T $-$ tənzimlənmə cərəyanı; $T_{d.r}$ $-$ real diferensiallayıcı bəndin zaman sabitidir.

Müvafiq fərq tənliyi aşağıdakı kimi olar [31]:

$$U_T(nT)=k_U\Delta U(nT)+\frac{k'_U}{T}\left[\Delta U(nT)-\Delta U(nT-T)\right]+$$

$$+\frac{k_f}{1+T/T_{d.r}}\left[\Delta f(nT)-\Delta f(nT-T)\right]+\frac{1}{1+T/T_{d.r}}\Delta' f(nT-T)+ \quad (2.19)$$

$$+\frac{k'_f}{T}\left[\Delta f(nT)-\Delta f(nT-T)\right]+\frac{k'_I}{T}\left[I_t(nT)-I_t(nT-T)\right]$$

Burada, $\Delta' f(nT-T)-$ əvvəlki diskretləşdirmə intervalında rəqəmsal real diferensiallayıcının çıxış siqnalının diskret qiyməti (tezliyin dəyişmə siqnalı);

tənzimləyicinin k'_U, k_f, k'_f, k'_U $-$ zaman sabiti ölçülü sazlanma əmsallarıdır.

Təsirlənmənin güclü təsirli mikroprosessorlu avtomatik tənzimləyicisinin (TAT – MGT) funksional sxemi (şək. 2.9) iki qarşılıqlı ehtiyatlandırılan kompüterdən ibarət hesablayıcı hissə-

dən *HH*, ölçü-çevirici *ÖÇH* və icra *İH* hissələrindən ibarətdir. Rəqəmsal qurğularda kompüterli, mikroprosessorlu ölçü çeviriciləri və icraedici funksional hissə adətən ümumi adla – idarə olunan obyektlə əlaqə qurğusu (*OƏQ*) adlandırılır.

Hesablayıcı hissə proqram vasitəsi ilə tənzimləyicilərin, gərginliyin *GÖO*, tezliyin dəyişməsinin TDÖO, reaktiv və aktiv cərəyanın *R və ACÖO*, təsirlənmə cərəyanının ölçü orqanının *TCÖO* və generator gərginliyi ilə şin gərginliyi arasında sürüşmə bucağının *BÖO* ölçmə orqanlarının fəaliyyətini idarə edir.

Ölçü-çevirici hissə gərginlik *ÖGT* və cərəyan *ÖCT* ölçü transformatorlarından (və ya şuntlardan), birtərtibli az inersiallı ($T = 1msan$) passiv aşağı tezlikli süzgəcdən *ATS*, gərginlik *AGÖ* və cərəyanın *ACÖ* analoq ölçü-çevirici elementlərindən ibarətdir. *AGÖ* və *ACÖ* aşağıdakı siqnalları formalaşdırır:

- sinxron generatorun faza gərginliyi və cərəyanına mütənasib olan təmiz sinusoidal gərginlik. Bu siqnal sonra hesablayıcı hissənin proqramlı ölçü orqanlarıda istifadə olunur;
- elektrik stansiyası şinlərindəki və generatorun gərginliklərinə mütənasib sabit gərginliklər;
- kəsilmələri və ümumilikdə kompüteri idarə edən impuls gərginlikləri (davamiyyət müddəti $T_i = 30mksan$).

Qeyd olunan siqnallar *AGÖ* və *ACÖ* elementlərinin tərkibinə daxil olan gücləndiricilər, aktiv *ATS*-li üçfazalı düzləndiricilər və analoq-diskret çeviricilər *ADÇ* vasitəsilə formalaşır. Sxemdə hermetik kontaktlı kiçik ölçülü releləri ilə (herkonlar) diskret siqnalların daxil edilməsi *DSD* elementləri göstərilmişdir.

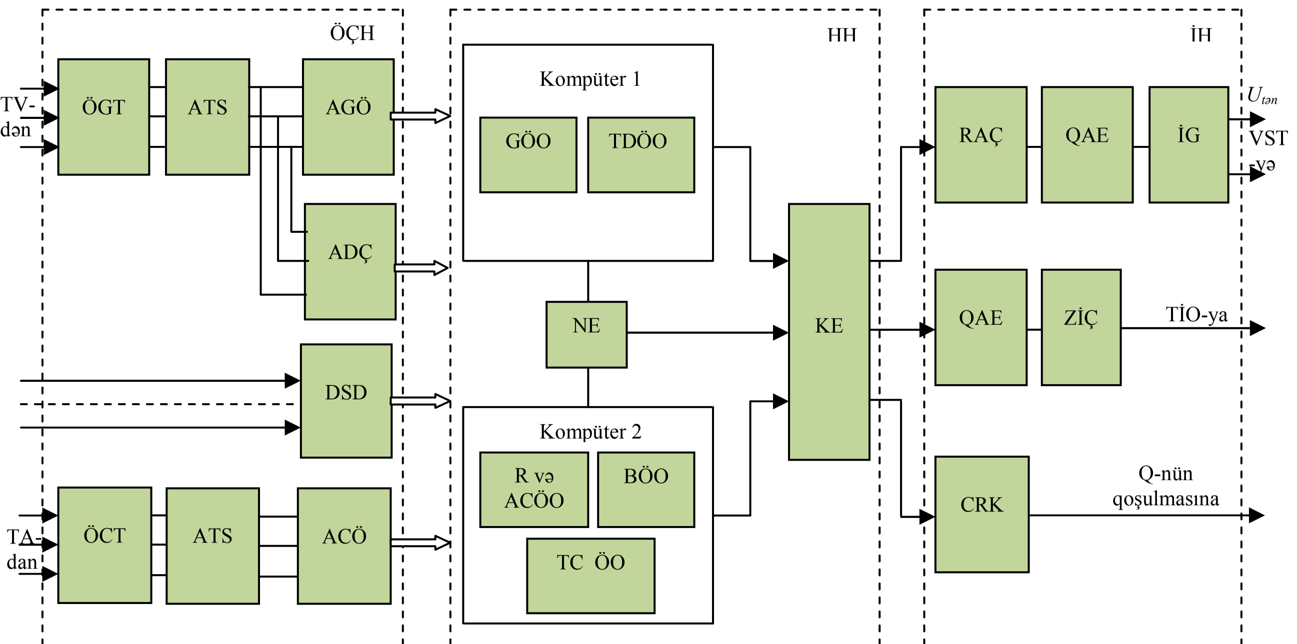
İcraedici hissə rəqəm-analoq çeviricisindən *RAÇ*, hesablayıcı hissəni idarəetmə dövrəsindən analoq qalvanik ayırma *AQA* elementindən, təsirləndiricinin tiristor çeviricilərinin idarə qurğuları-

na *İD* göndərilən analoq tənzimləyici təsirin U_T icra gücləndiricilərindən, zaman-impuls çeviricisindən *ZİÇ* və diskret siqnalların çıxış herkonlarından (*ÇRK* çıxış releləri komplekti) ibarətdir.

Tənzimləyici bütün hissələrin sazlığına nəzarət edən proqramlı aparat sisteminə malikdir. Nəzarət elementləri *NE* kompüterin çıxış siqnallarının *KE* komutasiya elementinə daxil olan nasazlıq siqnalları formalaşdırır. Bununla da hesablama əməliyyatı ehtiyat kompüterə keçirilir və ya tənzimləyici işdən çıxarılır.

TAT - MGT -in riyazi təminatı proqram kompleksinin əsas hissəsi təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi və generatorun sinxronlaşdırılması proqramlarından ibarətdir. Proqram kompleksi güclü təsirli tənzimləmə alqoritmini, dəqiq sinxronlaşma şərtlərinin yerinə yetirilməsini və sinxron generatorun bərabərtəcilli fırlanma qanunu üzrə qabaqlayıcı bucağın hesablanmasını həyata keçirir.

Mikroprosessorlu avtomatik tənzimləyicinin ölçü orqanları TAT - MGT - nın proqramlı orqanlarının işləməsini təmin edən idarəetmə impilsları formalaşdıran analoq-diskret çeviricidən, gərginliyin amplitudasını, tezliyin dəyişməsini, aktiv və reaktiv şərəyanları və faza sürüşmə bucağını ölçən orqanlardan təşkil olunur.



Şəkil 2.9. Sinxron generatorun mikroprosessorlu TAT-nin funksional sxemi

Yoxlama sualları

1. Elektrik stansiyasının gərginliyinin və reaktiv gücünün avtomatik tənzimlənməsi zərurəti nədən yaranır?
2. Sinxron generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi məsələləri nədən ibarətdir?
3. Hansı tip təsirlənmənin avtomatik tənzimlıəyicilərini tanıyırsınız və onların əsas xüsusiyyətləri hansılardır?
4. Sinxron generatorlarda hansı tipik avtomatik tənzimləyicilər sabit cərəyan elektromaşın təsirləndiriciləri ilə quraşdırılır?
5. Sinxron generatorların təsirlənməsinin tipik avtomatik tənzimləyiciləri elektromaşın təsirləndiricilərindən hansı iş prinsipinə görə fərqlənir?
6. Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsinin hansı alqoritmi "güclü" təsirli alqoritm adlanır? Hansı təsirləndiricilərdə o effektiv realizə olunur?
7. Mikroprosessorlu TAT-nin funksional sxemi hansı elementlərdən ibarətdir?
8. Mikroprosessorlu TAT-nin gərginlik ölçü orqanı necə işləyir?
9. Mikroprosessorlu TAT-nin proqram təminatını izah edin.
10. Gərginliyin meyletməsinin rəqəmli ölçü orqanı necə formalaşdırılır?

FƏSİL 3. SİNXRON GENERATORLARIN AVTOMATİK PARALEL İŞƏ QOŞULMASI

3.1. Sinxronlaşdırma üsulları

3.1.1. Ümumi məlumatlar

Generatorun şəbəkəyə qoşulması bərabərləşdirici cərəyanın və aktiv gücün onun valına təkanları, həmçinin uzun və ya qısa müddətli yırğalanması ilə müşayiət oluna bilər. Göstərilən arzuolunmayan hadisələr ona görə yaranır ki, şəbəkəyə qoşulan generatorun fırlanma tezliyi enerjisistem generatorlarının sinxron tezliyindən, təsirlənmiş generatorun sıxaclarındakı gərginlik isə elektrik stansiya şinlərindəki gərginlikdən fərqlənir. Ona görə də sinxron generatoru elektrik stansiyasının və ya enerjisistemin digər işləyən generatorları ilə paralel işə qoşmaq üçün onu ilkin olaraq sinxronlaşdırmaq lazımdır. Sinxronlaşdırma dedikdə, qoşulan generatorun fırlanma tezliyi və gərginliyinin işləyən generatorların fırlanma tezliyi və elektrik stansiya şinlərindəki gərginliklə bərabərləşdirilməsi prosesi, həmçinin generatorun açarına qoşma impulsunun verilmə anının seçilməsi başa düşülür.

Praktikada iki sinxronlaşdırma üsulu geniş tətbiq olunur: dəqiq sinxronlaşdırma və öz–özünə sinxronlaşma.

3.1.2. Dəqiq sinxronlaşdırma

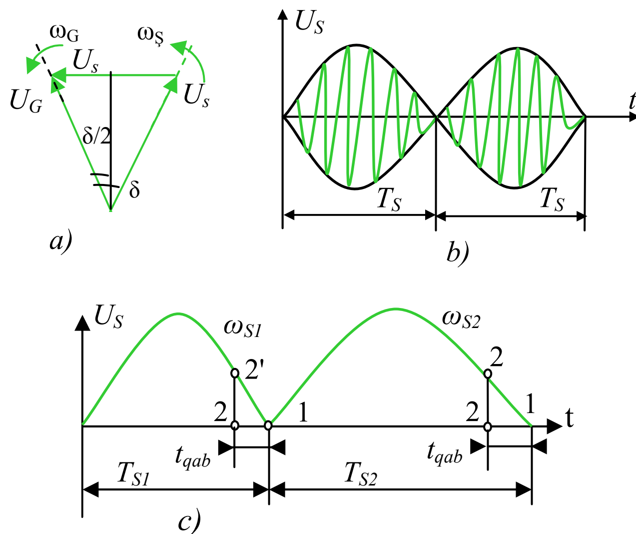
Generatoru dəqiq sinxronlaşdırma üsulu ilə işə qoşarkən aşağıdakı şərtlərin ödənilməsi vacibdir:

a) qoşulan generatorun U_G və şəbəkə gərginliklərinin $U_ş$ mütləq qiymətlərinin bərabərliyi;
b) qoşulan generatorun fırlanma bucaq sürəti ω_G (və ya tezliyi f_G) və enerjisistem generatorlarının bucaq sürətinin ω_G (və ya tezliyinin f_s) bərabərliyi;
c) açarın qoşulma anında generatorun və şəbəkənin gərginlik vektorlarının fazaca üst-üstə düşməsi.

Göstərilən şərtlərin yerinə yetirilməsi ilə bərabərləşdirici cərəyan sıçrayışları, generator valına aktiv güc təkanı və dərin yırğalanmalar olmadan generatorun şəbəkəyə qoşulması təmin olunur.

Lakin əməli olaraq qeyd olunan şərtlərin yerinə yetirilməsi çətindir. Generator və şəbəkə tezliklərinin, həmçinin onların gərginliklərinin mütləq qiymətlərinin müəyyən həddə fərqlənmələri ilə generatoru işə qoşmağa yol verilir. Bu zaman generator və şəbəkə gərginliyi vektorlarının mütləq qiymətlərinin və tezliklərinin fərqindən yaranan müəyyən qiymətli təhlükəli olmayan bərabərləşdirici cərəyan sıçrayışları baş verir. Tezliklərin fərqlənməsinə 0,1-0,2Hs hədlərində icazə verilir. Generator və şəbəkə gərginliklərinin yol verilən fərqinin qiyməti isə 5-10% təşkil edir [12].

Generatorun və şəbəkənin tezlikləri bərabər olmadıqda onların gərginliklərinin fərqi periodik olaraq sıfırdan maksimal qiymətədək və əksinə dəyişir (şək. 3.1).



Şək. 3.1. Döyünmə gərginliyinin dəyişməsi

a – vektor diaqramı; b – döyünmə gərginliyinin ani qiymətinin dəyişməsi; c – döyünmə gərginliyinin təsiredici qiymətinin dəyişməsi

Bu fərq döyünmə gərginliyi və ya sürüşmə gərginliyi $U_{sür}$ adlanır. Şəkil 3.1,a-da döyünmə gərginliyinin dəyişməsi vektor diaqramı ilə, şəkil 3.1,b-də isə gərginliyin dəyişməsi qrafik ilə təsvir olunmuşdur. Döyünmə gərginliyinin əyicisi sıfırdan ikiqat amplituda (2U) bərabər maksimal qiymətədək dəyişir.

Döyünmə gərginliyinin təsiredici qiyməti (sürüşmə gərginliyi) aşağıdakı qanunla dəyişir:

$$U_{\text{sür}} = 2U\sin\frac{\delta}{2} = 2U\sin\frac{\omega_G - \omega_C}{2}t = 2U\sin\frac{\omega_S}{2}t \qquad (3.1)$$

burada, δ - U_G və $U_Ş$ vektorları arasındakı bucaq; $\omega_S = \omega_G - \omega_C$ - sürüşmə bucaq sürətidir.

Sürüşmə gərginliyinin qiyməti qoşulma anında bərabərləşdirici cərəyanın qiymətini müəyyən edir. Optimal qoşulma $U_{sür} = 0$ qiymətinə uyğundur.

Döyünmə gərginliyinin dəyişməsinin tam dövrü sürüşmə periodu T_s adlanır:

$$T_S = \frac{2\pi}{\omega_S} \qquad (3.2)$$

Sürüşmə sürəti böyük olduqca T_s də azalır. Şəkil 3.1,c–də döyünmə gərginliyinin sürüşmə bucaq sürətinin iki ω_{s1} və ω_{s2} qiymətlərinə uyğun gələn (burada $\omega_{s1} > \omega_{s2}$) iki dövrü göstərilmişdir.

3.1.3. Öz-özünə sinxronlaşma

Generatoru öz–özünə sinxronlaşma üsulu ilə işə qoşarkən aşağıdakı şərtlər gözlənilməlidir:

a) generator təsirləndirilməməlidir (generatorun təsirlənməsi sahə söndürən avtomatla (SSA) çıxarılmışdır);

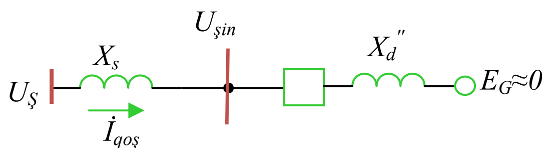
b) qoşulan generatorun fırlanma tezliyi enerjisistem generatorlarının fırlanma tezliyinə yaxın olmalıdır; generatorun və şəbəkənin tezlikləri arasındakı fərqə 1-1,5Hs qədər yol verilir [12].

Generator qoşulduqdan sonra ilk anda asinxron maşın rejimində işləyir. Bu zaman rotora qoşulan generatorun və enerjisistem generatorlarının tezliklər fərqinin azalmasına yönəlmiş asinxron fırladıcı moment təsir edir. Başqa sözlə, asinxron fırladıcı moment generatoru sinxronizmə dartır. Generatorun açarı qoşulduqdan sonra SAA-nı qoşmaqla ona təsirlənmə verilir. Belə şəraitdə generatora sinxron fırladıcı moment təsir edərək, onun tam olaraq sinxronizmə dartılmasını təmin edir.

Generatorun şəbəkəyə qoşulması cərəyan sıçrayışı ilə müşaiyət olunur. Şək. 3.2-də göstərilmiş əvəz sxeminə uyğun olaraq qoşma cərəyanı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$I_{qoş} = \frac{U_s}{X''_d + X_s} \tag{3.3}$$

burada, X''_d – uzununa ox üzrə generatorun ifrat keçid müqaviməti; X_s – enerjisistemin müqavimətidir.



Şək. 3.2. Öz-özünə sinxronlaşma zamanı əvəz sxemi

Öz-özünə sinxronlaşma üsulu ilə generatorun qoşulması, həm də generatorun çıxışlarında gərginliyin azalması ilə müşaiyət olunur ki, bu da həmin generatorun qoşulduğu şinlərdən qidalandırılan tələbatçıların işinə mənfi təsir göstərir.

Elektrik stansiyası şinlərində $U_ş$ gərginliyini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$U_ş = U_s - I_{qoş} X_s \quad (3.4)$$

(3.3) və (3.4) düsturlarından istifadə edərək alarıq:

$$U_ş = U_c \frac{X''_d}{X''_d + X_c} \quad (3.5)$$

Gərginliyin qeyd olunan azalması təqribən 0,8-1san müddətində baş verir, generator sinxronizmə dartıldıqca $I_{qoş}$ cərəyanı da azalır və $U_ş$ gərginliyi artır.

Öz-özünə sinxronlaşma üsulunun dəqiq sinxronlaşdırma üsuluna nisbətən əsas üstünlüyü generatorun şəbəkəyə cəld qoşulmasıdır. Bu xüsusən qəza şəraitlərində ehtiyat generatorların cəld qoşulması zəruruliyi yarandıqda vacibdir. Ona görə də generatorların qəza şəraitlərində qoşulmasını 200MVt-a qədər güclü turbogeneratorlar və 500MVt-a qədər güclü hidrogeneratorlar üçün bərabərləşdirici cərəyanın qiymətindən asılı olmayaraq öz–özünə sinxronlaşma üsulu ilə yerinə yetirmək tövsiyə olunur. Böyük güclər zamanı isə qoşma cərəyanı $3I_{G,nom}$ qiymətini keçmədikdə öz-özünə sinxronlaşma üsulunu tətbiq etməyə icazə verilir.

3.2. Generatorların avtomatik paralel işə qoşulma qurğusu

Generatorların sinxronlaşdırılması, xüsusilə dəqiq sinxronlaşdırma çox məsuliyyətli əməliyyatdır və işçi heyətin müvafiq ixtisas səviyyəsini və iş təcrübəsini tələb edir. Sinxronlaşdırma prosesində buraxılan səhvlər enerjisistemin normal rejiminin pozulmasına və qoşulan generatorun zədələnməsinə səbəb ola bilər. Ona görə də sinxronlaşdırma əməliyyatının avtomatlaşdırılması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Avtomatik sinxronizatorlar qoşulan generatorun tezliyi və gərginliyini sistemin tezliyi və gərginliyinə dartan, həmçinin bütün sinxronlaşma şərtlərinin yerinə yetirilməsinə nəzarəti həyata keçirən elementlərə malikdirlər. Generatorun qoşulmasının optimal anda baş verməsi üçün (şək. 3.1,c-də 1 nöqtəsi) açara impuls bu andan əvvəl verilməlidir, belə ki, açar xüsusi qoşma müddətinə malikdir. Optimal ana nəzərən qabaqlayıcı müddət t_{qab} açarın qoşulma müddətinə $t_{q,a}$ bərabər olmalıdır. Şək. 3.1,c-də açara impulsun verilmə anı 2 nöqtəsi ilə işarə olunmuşdur. Bu zaman döyünmə gərginliyi sıfıra bərabər olmayıb 2′ nöqtəsinin vəziyyəti ilə təyin olunur. t_{qab} müddəti generator və şəbəkənin gərginlik vektorları arasındakı bucağa uyğundur və qabaqlayıcı bucaq δ_{qab} adlanır:

$$\delta_{qab} = \omega_s t_{qab} \tag{3.6}$$

Qabaqlayıcı düyünün yerinə yetirilməsindən asılı olaraq, iki tip sinxronizatorları fərqləndirirlər:

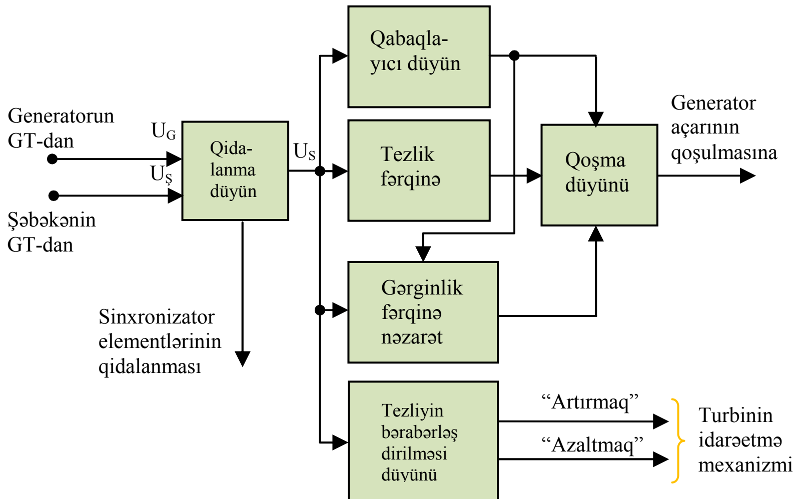
1) Sabit qabaqlayıcı bucaqlı sinxronizatorlar. Bu zaman δ bucağı müəyyən sabit qiymətə çatdıqda qoşma impulsu verilir;
2) Sabit qabaqlayıcı müddətli sinxronizatorlar. Bu zaman açarın qoşulma müddətinə bərabər sabit qoşulma müddəti ilə qoşmaya impuls verilir.

Daha dəqiq sabit qabaqlıyıcı müddətli sinxronizatorlar geniş tətbiq olunurlar. Belə bir qurğu UBAS tipli kontaktsız avtomatik sinxronlaşdırma qurğusudur [12]. Bu qurğu dəqiq sinxronlaşdırma üsulu ilə generatorun qoşulmasını təmin edir və aşağıdakı altı əsas fuksiyaları həyata keçirən düyünlərdən ibarətdir (şək. 3.3):

1) qidalanma düyünü – sinxronizatorun tərkibinə daxil olan yarımkeçirici elementlərin qidalanmasını təmin edir və eyni zamanda U_s döyünmə gərginliyini hasil edir;
2) qabaqlayıcı düyün U_G və $U_Ş$ vektorlarının fazaca üst–üstə düşmə anı üzrə qabaqlamaqla generator açarının qoşulması impulsunu hasil edir;

3) generator və şəbəkənin tezlikləri fərqinə nəzarət edən düyün qabaqlayıcı düyünün siqnalının açarın qoşulmasına keçməsini təmin edir;
4) generator və şəbəkə gərginlikləri fərqinə nəzarət düyünü, bu fərq yol verilən həddə olduqda açarın qoşulmasına siqnalın keçməsinə icazə verir;
5) tezliyin bərabərləşdirilməsi düyünü, turbinin idarə mexanizminə təsir etməklə qoşulan generatorun tezliyinin işləyən generatorların tezliyinə bərabərləşdirilməsini həyata keçirir;
6) qoşma düyünü açarın qoşulması üçün müəyyən davamiyyətli impuls hasil edir.

Generator açarının qoşulmasına siqnal o halda verilir ki, qoşma düyününün əvvəlinə eyni zamanda 1, 2, 3 düyünlərindən gərginliklər verilsin. Bu siqnallar qoşma düyünündəki triggerlə və çıxış relesi ilə qeydə alınaraq açarın qoşulmasını idarə edir. Generatorun işə qoşulmasını yerinə yetirdikdən sonra sinxronizator avtomatik işdən çıxır. Onun təkrar işləməsini təmin etmək üçün idarə düyməsini sıxmaq lazımdır.



Şək. 3.3. UBAS sinxronizatorunun struktur sxemi

Qabaqlayıcı düyün (şək. 3.4,a) *T4* aralıq transformatorundan, düzləndirici elementdən, φ süzgəcindən, DE diferensiallama elementindən, E1 sıfır orqanından və KL1-KL3 qabaqlayıcısının qoyuluş vaxtının dəyişmə relesindən ibarətdir.

Düyünün girişinə generator gərginliyinin $\left(\dot{U}_G\right)$ və şəbəkə gərginliyinin $\left(\dot{U}_Ş\right)$ fərqi nəticəsində yaranan döyünmə gərginliyi verilir. İki gərginliyin fərqinə bərabər olan gərginliyin alınması üçün bu iki gərginlik sistemi sxemdə ümumi nöqtəyə malik olmalıdır. Buna görə də sinxronlaşma sxemlərində generatorun və şəbəkənin gərginlik transformatorunun ikinci dövrəsinin B fazaları öz aralarında birləşdirilir.

Qabaqlayıcı düyünün əsas elementinin iki girişində gərginlik eyni qiymətə çatan anda onun çıxışında yaranan siqnal E1 sıfır orqanıdır (şək. 3.4, b-də a_1 və a_2 nöqtələri). Qabaqlayıcı düyünün çıxışında yaranan siqnal düzbucaq formalı olub, sürüşmə dövrünün sonuna qədər mövcud olan $U_{d,q}$ gərginliyidir.

Sıfır orqanın birinci girişindəki i_1 cərəyanı U_s döyünmə gərginliyinin qiyməti və R1-R3 rezistorlarının müqavimətləri ilə təyin edilir:

$$i_1 = \frac{U_s}{R} = \frac{2U}{R}\sin\frac{\omega_s t}{2} = K_1 2U \sin\frac{\omega_s t}{2} \tag{3.7}$$

burada, R qiyməti R1-ə, R2-ə və yaxud R3-ə bərabərdir.

Sıfır orqanın ikinci girişindəki i_2 cərəyanı DE çıxışındakı gərginliklə təyin edilir (şək. 3.4,b). Diferensiallayıcı element döyünmə gərginliyindən alınan törəməyə mütənasib olan gərginliyin alınması üçün nəzərdə tutulmuşdur. DE-nin girişinə $U_ş$ döyünmə gərginliyi verilir. DE-nin çıxışındakı gərginlik müəyyən yaxınlaşma ilə aşağıdakı ifadəyə bərabərdir:

$$\mathrm{U}_{çu} = \mathrm{RC}\frac{dU_G}{dt} \tag{3.8}$$

DE-nin qoşulma qütblülüyü belədir ki, i_2 cərəyanı əks işarəyə malik $U_{çıx}$ çıxış gərginliyi ilə şərtlənir, yəni

$$i_2 = -k_2 \frac{dU_G}{dt} \tag{3.9}$$

burada, k_2 – mütənasiblik əmsalı; $U_G=U_s$.

E1 sıfır orqanı tərəfindən yaradılan qabaqlayıcı vaxt sürüşmənin asılı olmayan sabit kəmiyyətidir; şək. 3.4,c-də verilən qrafikdən aydın olur ki,

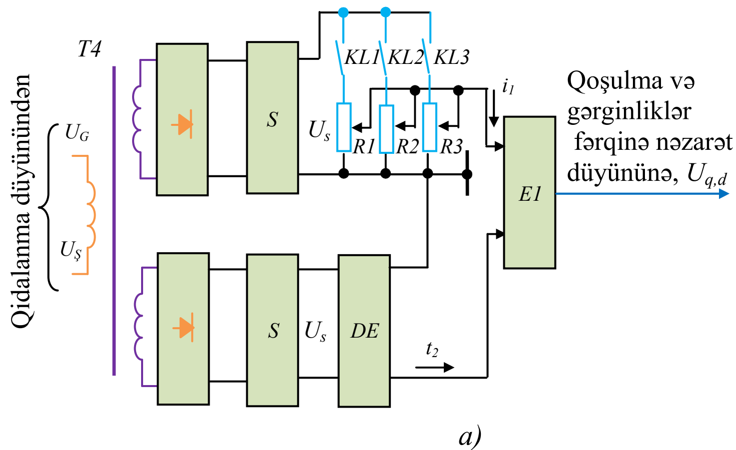
$$t_{qab1}=t_{qab2}.$$

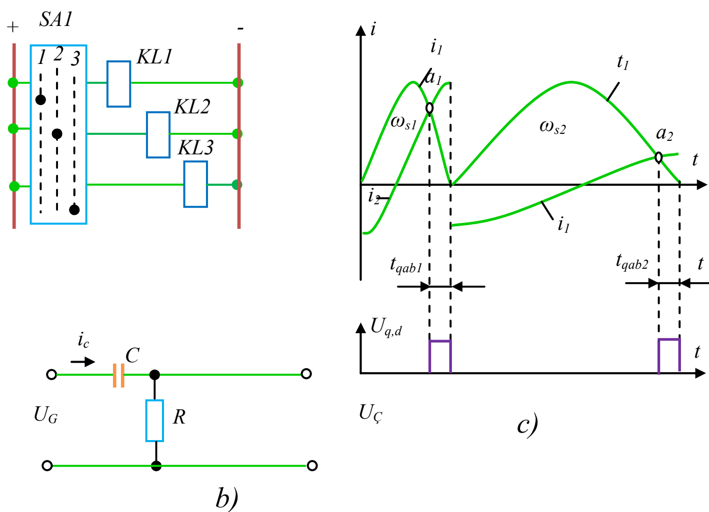
Sıfır orqanını açarın qoşulma vaxtına bərabər olan qabaqlayıcı vaxta sazlamaq üçün R1-R3 rezistorlarından (şək. 3.4,a) istifadə edilir. Bunlar KL1-KL3 aralıq relelərinin və Ç1 çeviricisinin köməyi ilə idarə olunurlar. R1-R3 rezistorları qabaqlayıcı vaxtı 0,15 saniyədən 1,0 saniyəyə qədər diapazonda təmin edirlər.

Tezliklər fərqinə nəzarət düyünü (şək. 3.5,a) *T5* aralıq transformatorundan, düzləndirici elementdən, süzgəcdən, E2 rele elementindən, E3 və E5 triggerlərindən, E4 və E6 zaman elementlərindən ibarətdir.

Tezliklər fərqinə nəzarət düyününün girişinə qabaqlayıcı düyünün girişində olduğu kimi E2 rele məntiq elementinin girişində düzləndirildikdən sonra U_s döyünən gərginliyi verilir. E2 elementinin çıxışında U_s gərginliyi ilə E_2 elementinin işəsalma gərginliyinin $U_{i,E2}$ yaranması zamanı siqnal əmələ gəlir. Bu siqnal döyünmə gərginliyinin $U_{q,E2}$ qayıtma gərginliyinin isə kiçik qiymətlərində mövcud olacaqdır. İşəsalma və qayıtma gərginliyini R4 və R5 rezistorlarının köməyi ilə tənzimləmək olar.

Şək. 3.5,b-də E2 elementinin işəsalma anları a_1, a_2, a_3, qayıtma anları b_1, b_2, b_3 nöqtələri ilə işarə edilmişdir. E2 elementinin





Şək. 3.4.UBAS sinxronizatorunun qabaqlayıcı düyünü

a – funksional sxem; b – DE differensiallayıcı elementin sxemi; c – müvəqqəti iş diaqramı

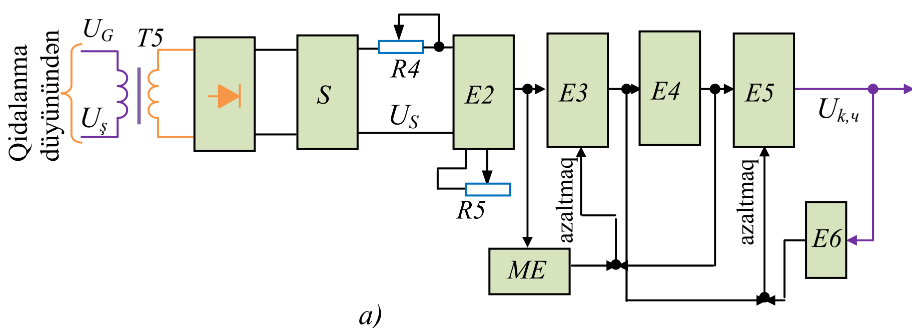
çıxışında siqnalın davametmə müddəti döyünmənin dövrülüyünə mütənasibdir. Döyünmənin dövrülüyünə nəzarət üçün E3 və E5 triggerlərilə idarə olunan E4 və E6 iki yarımkeçirici məntiq zaman elementlərindən istifadə edilir.

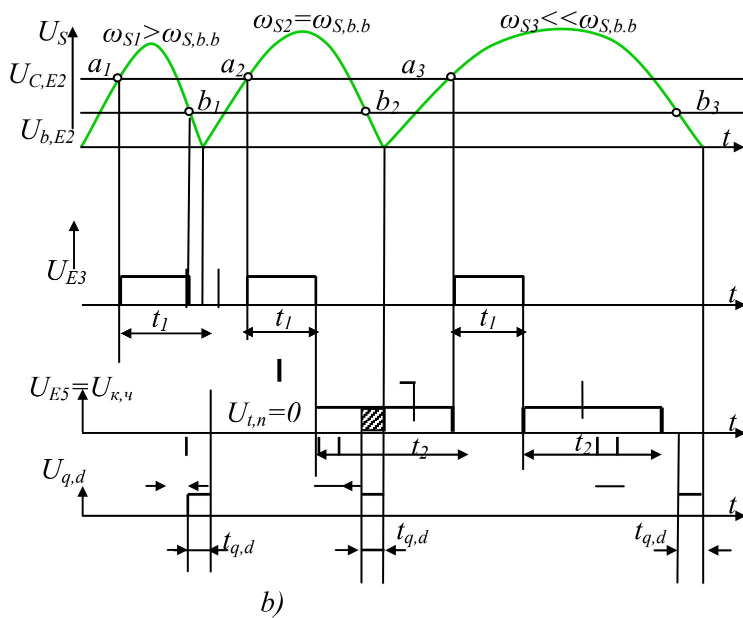
Yarımkeçirici çevirici qurğunu xatırladan *trigger* elektrik müvazinətinin iki dayanıqlıq vəziyyəti ilə – çıxışında siqnalın olması və ya olmaması ilə xarakterizə olunur. Triggerin bir vəziyyətdən digərinə keçməsi onun girişlərindən birinə siqnalın verilməsi yolu ilə yerinə yetirirlir. Triggerin çevrilməsi praktiki olaraq ani baş verir. İdarəedici siqnal açıldıqdan sonra trigger öz vəziyyətini saxlayır. Beləliklə, trigger giriş siqnalını yadda saxlayır, daha doğrusu "yaddaş" elementi rolunu oynayır.

Tezliklər fərqinə nəzarət düyünü aşağıdakı kimi işləyir.

Əgər sürüşmənin bucaq sürəti ω_{s1} buraxılabilən qiymətdən $\omega_{s,b.b}$ böyükdürsə, E2 rele elementi işə düşür (a_1 nöqtəsi), E4 zaman elementinin işə düşməsini təmin edir. Sürüşmənin verilmiş qiymətlərində E4 zaman elementi işə düşə bilmir, belə ki, b_1 nöqtəsində E2 elementinin geri qayıtması və ME məntiq elementinin köməyilə E3 triggerinin qiymətinin artması baş verir. Tezliklər fərqinə nəzarət düyününün çıxışında $U_{t,N}$ gərginliyi baxılan rejimdə sıfra bərabərdir, bu da sinxronizatorun bloklanmasına gətirib çıxarır.

Sürüşmənin buraxılabilən sürət diapazonunda, məsələn, $\omega_{S2}=\omega_{s,b.b}$ halında döyünmənin dövrülüyü birinci halda olduğundan artıqdır. a_2 və b_2 nöqtələri ilə məhdudlaşmış zaman aralığında E4 zaman elementi sona qədər işləyə bilər. Onun çıxışında olan siqnal E3 triggerinin sıfır vəziyyətinə, lakin E5 triggeri isə onun çıxışında siqnal yaranan hala keçirir. E5 triggeri düyünün çıxış elementi hesab edilir, onun çıxışında olan gərginlik qoşulma düyününün işində istifadə edilir. Çıxış siqnalının davametmə müddəti E6 ikinci zaman elementinin t_2 işləmə müddəti ilə təyin edilir. Əgər tezliklər fərqinə nəzarət düyününün işləməsindən sonra döyünmə kəsilmirsə və növbəti dövrdə E2 rele elementinin işləmə faktına görə çıxış siqnalı açılırsa, (şək. 3.5, b-də a_3 nöqtəsi) çıxış





Şək. 3.5. UBAS sinxronizatorunun tezliklər fərqinə nəzarət düyünü

a – funksional sxem; b – müvəqqəti iş diaqramı

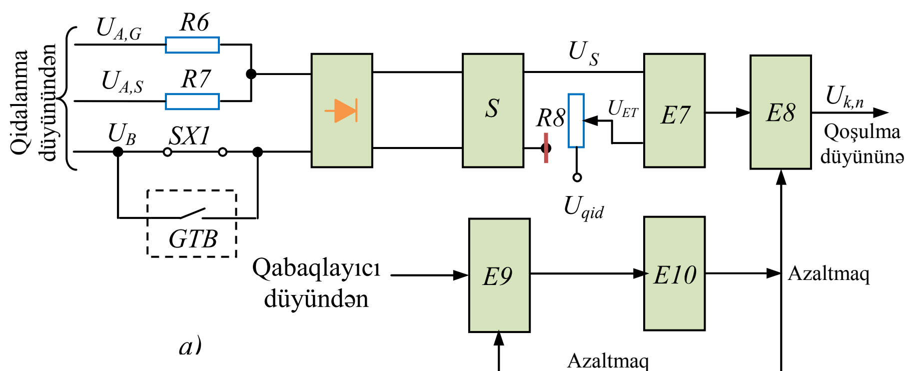
siqnalının davametmə müddəti t_2-dən az olacaqdır. Buraxılabilən sürüşmələr oblastında tezliklər fərqinə nəzarət düyününün çıxışında $U_{t,n}$ gərginliyi və qabaqlayıcı düyünün çıxışında U_q gərginliyi ümumi işləmə zonasına (ştrixlənmiş düzbucaqlı) malikdir, bu da sinxronlaşmanın digər şərtlərinin gözlənilməsi zamanı açarın qoşulması üçün siqnalın yaranmasını təmin edir.

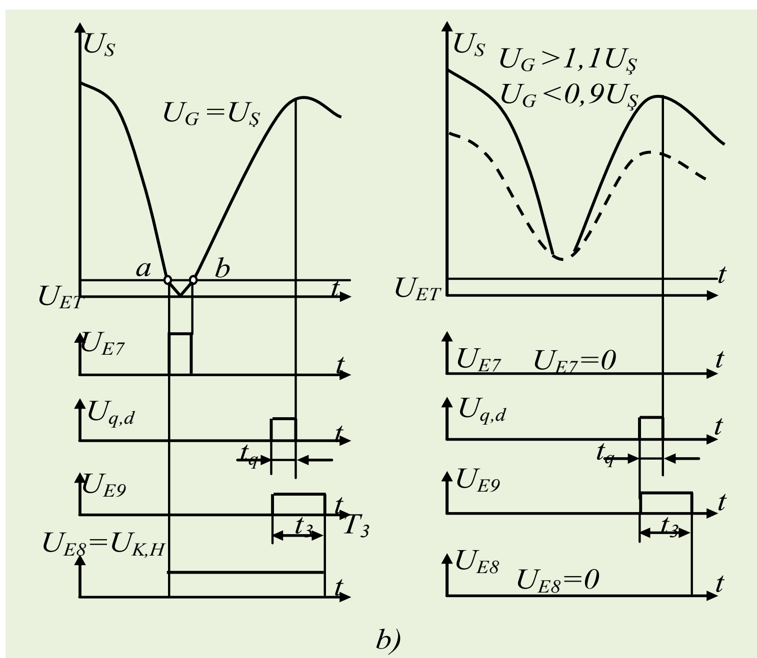
Tezliklər fərqinə nəzarət düyünü təkcə böyük buraxılabilən sürüşmələr zamanı deyil, həm də kiçik sürüşmələr zamanı da sinxronizatoru bloklayır. Kiçik sürüşmələr rejimi generator tezliyinin "asılıb qalması" ilə xarakterizə olunur. Generator və şəbəkə gərginlik vektorlarının üst-üstə düşmə prosesi tədricən baş verdiyi üçün generatorun qoşulması gecikir, ona görə də bu rejimlər arzu olunan deyildir. Kiçik sürüşmələr rejimində düyün elementlərinin işi $\omega_s \ll \omega_{s,bb}$ halı üçün şək. 5.5,b-də verilmiş müvəqqəti diaqramla təsvir edilir. Diaqramdan görünür ki, tezlik fərqinə nəzarət düyününün çıxışında $U_{t,N}$ gərginliyi və qabaqlayıcı düyünün çıxışındakı U_q gərginliyi zamana görə üst-üstə düşmür, bu isə qoşulma düyünündə açarın qoşulması üçün siqnalın yaranmasına gətirib çıxarır.

Tezliklər fərqinə nəzarət düyünü tezlik sürüşməsinin 0,1Hs-dən 0,2 Hs-ə qədər diapazonunda generatorun qoşulmasını təmin edir.

Gərginliklər fərqinə nəzarət düyünü (şək. 3.6, a) düzləndirici elementdən, *Ф* süzgəcindən, E7 sıfır orqanından, E8 və E9 triggerlərindən, E10 zaman elementindən ibarətdir.

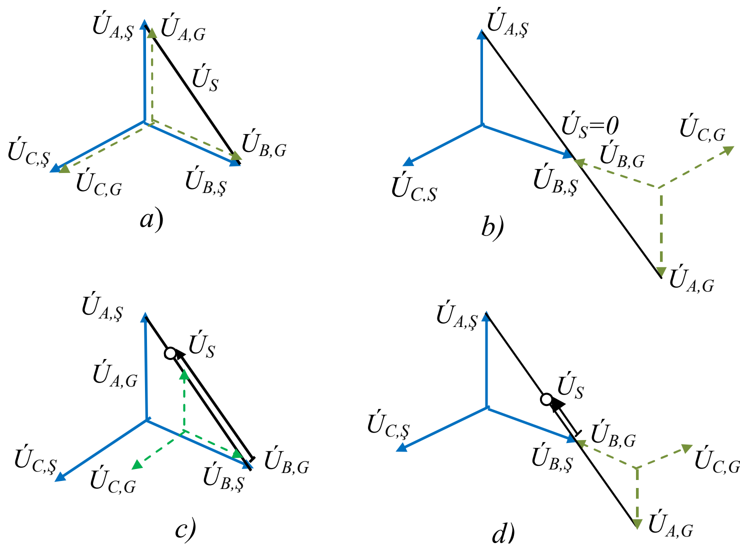
Gərginliklər fərqinə nəzarət düyününün girişinə $U_{A.G}$, $U_{A.Ş}$ gərginliyi qoşulan R6 - R7 potensiometrinin orta nöqtəsi və U_B gərginliyi arasında hərəkət edən döyünmə gərginliyi verilir. Verilmiş düyünlə istifadə olunan döyünmə gərginliyi $U_{A.G}$ və $U_{A.Ş}$ fazalarındakı gərginliyə nəzərən 180^0 fərqlənir. Düyünün girişində döyünmə gərginliyinin dəyişmə qrafiki şək. 3.6,b-də, döyünmə gərginliyinin dəyişmə xarakterini aydınlaşdıran vektor diaqramı isə şək. 3.7-də göstərilmişdir.





Şək. 3.6. UBAS sinxronizatorunun gərginlik fərqinə nəzarət düyünü

a – funksional sxem; b – müvəqqəti iş diaqramı



Şək. 3.7. Gərginliklər fərqinə nəzarət düyününün müvəqqəti xarakteristikalarını aydınlaşdıran vektor diaqramı

$a-\delta=0$, $U_G=U_Ş$; $b-\delta=180^0$, $U_G=U_Ş$; $c-\delta=0$, $U_G<U_Ş$; $d-\delta=180^0$; $U_G<U_Ş$;

Vektor diaqramından göründüyü kimi, döyünmə gərginliyi $\delta=0^0$ olduqda maksimal, $\delta=180^0$ olduqda isə minimaldır. Generatorun və şəbəkənin gərginlikləri fərqinə nəzarət $\delta=180^0$ bucaq oblastında, daha doğrusu, qabaqlayıcı düyünün işləmə anından əvvəl (optimal an) aparılır: $U_G=U_Ş$ olduqda, döyünmə gərginliyi sıfra bərabər, $U_G \neq U_Ş$ olduqda isə o, sıfırdan böyükdür.

Düzləndirilmiş U_s döyünmə gərginliyi E7 sıfır orqanının birinci girişinə daxil olur, onun ikinci girişinə isə U_{qid} qidalanma düyünündən U_{ET} etalon gərginlik verilir. Etalon gərginlik R8 rezistoru vasitəsilə tənzimlənə bilər. Etalon gərginlik generatorun

və şəbəkənin buraxılabilən gərginliklər fərqinə bərabər – (10÷11)% U_{nom} götürülə bilər.

Gərginliklər fərqinə nəzarət düyünü aşağıdakı kimi işləyir:

Əgər $U_G=U_Ş$ və ya U_G *və* $U_Ş$ arasındakı fərq buraxılabilən qiymətini aşmırsa, bu zaman E7 sıfır orqanının işləməsi üçün şərait yaranacaqdır. E7 sıfır orqanının çıxışında siqnal $\delta=180^0$ bucaq oblastında yaranır, yəni döyünmə gərginliyi və etalon gərginlik bərabər olduqda (şək. 3.6,b-də *a* nöqtəsi). *b* nöqtəsində bu siqnal çıxarılır. E8 triggeri E7 elementinin işləməsini qeyd edir. E8 çıxışındakı siqnal – $U_{k,n}$ gərginliyi – qoşulma düyünü kimi istifadə edilir. Çıxış siqnalının davametmə müddəti qabaqlayıcı düyün siqnalı üzrə E9 triggeri ilə idarə olunan E10 zaman elementinin köməyilə məhdudlaşdırılır. Təqribən 1,5 saniyəyə bərabər olan t_3 vaxtı $\delta=0^0$ bucaq oblastında qoşulma düyününün etibarlı işini təmin edir.

Əgər U_G generator və $U_Ş$ şəbəkə gərginlikləri fərqi buraxılabilən qiyməti aşırsa, döyünmə gərginliyi bütün δ bucaqlar oblastında etalon gərginliyindən böyükdür, bunun da nəticəsində E7 sıfır orqanı işləmir, düyünün çıxışında gərginlik sıfra bərabərdir və qoşulma düyünü bloklanacaqdır.

GT TAT ilə təchiz olunmuş generatorların qoşulmasına generator və şəbəkə gərginliklərinin fərqi ±1% olan zaman icazə verilir. Bu şərtə riayət etməklə arzuolunmaz təsirlənmənin sürətləndirilməsindən və ya generatorun şəbəkəyə qoşulma anında GT TAT-dan alınan təsirlənmənin sürətlənməsinin dayandırılmasını istisna etmək olar.

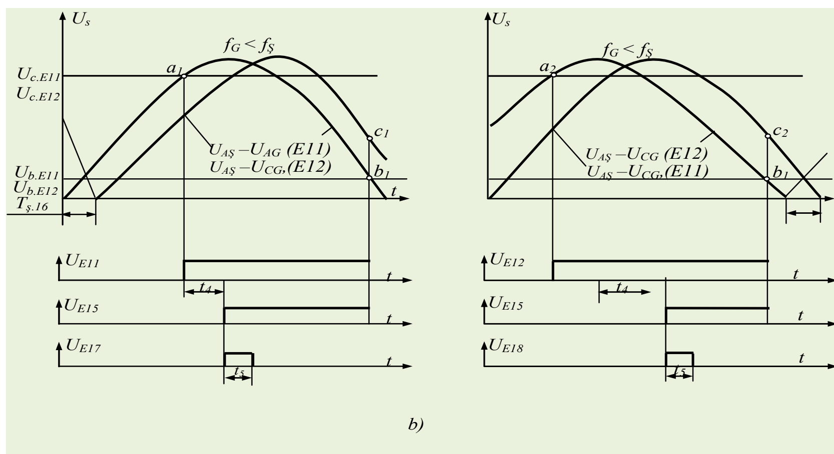
UBAS sinxronizatoru gərginliklər fərqinə nəzarəti 1% dəqiqliklə təmin edə bilmədiyi üçün GT TAT-ın tərkibinə daxil olan generator gərginliyinin tənzim qiymətinə bərabərləşdirən (GTB) xüsusi blokdan istifadə edilir. GTB bloku generator gərginliyini onun TAT qurğusunun tənzim qiymətini dəyişmək yolu ilə ±1% dəqiqliklə şəbəkə gərginliyinə avtomatik bərabərləşdirir. GTB bloku eyni zamanda B fazasının dövrəsini açmaqla gərginliklər fərqinə nəzarət blokunun işini bloklayır, belə ki, sonuncu sinxronlaşdırılan gərginliyin fərqinin 10%-i qismində

tənzimləmə qiymətinə malikdir və göstərilən fərq ilə generatoru şəbəkəyə qoşa bilər. Generator və şəbəkə gərginlikləri fərqi 1% və aşağı olan zaman GTB bloku işə düşür və sinxronizatorun işləməsinə icazə verir. GTB blokunun istifadəsi zamanı GTB rele kontaktına paralel qoşulan SX1 qapayıcısı açıq vəziyyətdə olmalıdır. SX1 qapayıcısı GT TAT ilə təchiz olunmamış generatorların sinxronlaşması zamanı işə qoşulur.

Tezliyin bərabərləşdirilməsi düyünü (şək. 3.8,*a*) TR-6 və TR-7 aralıq transformatorlarından, düzləndirici elementlərdən və süzgəclərdən, E11 və E12 rele elementlərindən, E13, E14, E17, E18 gücləndiricilərindən, E15, E16 zaman elementlərindən, KL6 və KL7 aralıq relelərindən və KL9 və KL10 çıxış relelərindən ibarətdir. Düyün iki simmetrik hissədən ibarətdir: generator tezliyinin artması üçün nəzərdə tutulmuş TR-6, E11, E13, KL6, E17, KL9 elementlərini özündə birləşdirən birinci hissə; generator tezliyinin azaldılması üçün nəzərdə tutulmuş TR-7, E12, E14, KL7, E18, KL10 elementlərini özündə birləşdirən ikinci hissə. E15 və E16 elementləri iki hissə üçün ümumidir.

TR-6 transformatoruna $U_{A,G}$ və $U_{A,Ş}$ fazaları tərəfindən yaranan döyünən gərginlik, TR-7 transformatoruna isə $U_{A,Ş}$, və $U_{C,G}$ fazaları tərəfindən yaranan gərginlik ötürülür. Birinci göstərilən gərginliklər E11, ikinci gərginlik isə E12 rele elementləri tərəfindən istifadə edilir. E11 və E12 elementlərinin girişlərində döyünmə gərginliyinin zamandan asılı olaraq dəyişmə xarakteri belədir: $f_G<f_Ş$ olduqda, E12 elementində gərginlik vektoru E11 elementində olan gərginlik vektorundan 60^0 geri qalır. Bütün bu deyilənlər şək. 5.9-da vektor diaqram şəklində təsvir edilmişdir. Əgər $f_G>f_Ş$ olarsa, E12 elementində gərginlik vektoru E11 elementlərindəki gərginlik vektorunu 60^0 qabaqlayacaq. Döyünmə gərginliyinin dəyişməsinin bu xüsusiyyəti generator tezliyinin şəbəkə tezliyindən meyletməsinin işarəsini təyin etmək və müvafiq idarəedici təsir hasil etmək üçün istifadə olunur.

Qida düyünündən
$U_{A,G}$
T6
T7
S
S
KL7
R9
$U_{A,S}$ - U_{AG}
E11
E13
KL6
R11
KL6
R10
$U_{A,S}$ - U_{AG}
E12
E14
KL7
R12
KL9
< E17
Qadağa
M
E16
E18
R13
KL10
< E18
Qadağa
M
+
KL9 "Artırmaq"
"Azaltmaq"
KL10
Turbinin idarəetmə mexanizminə
a)



Şək. 3.8. UBAS sinxronizatorunun tezliyinin bərabərləşdirilməsi düyünü

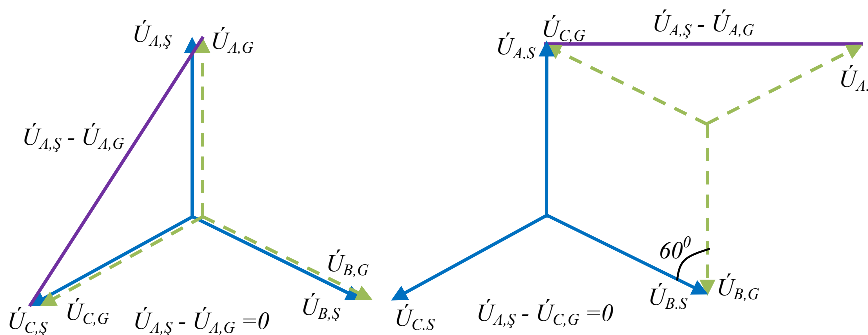
a - funksional sxem; b - müvəqqəti iş diaqramı

E11 və E12 rele elementləri eyni işləmə və eyni qayıtma gərginliyinə sazlanırlar. Sazlama R9-R12 rezistorlarının köməyilə yerinə yetirilir. Bu zaman bir elementin geri qayıtması anında (şək. 3.8,*b*-də b_1 və b_2 nöqtələri) digər elementdə gərginlik işədüşmə gərginliyindən az olmalıdır (C_1 və C_2 nöqtələri). Bununla da bir sürüşmə dövrü ərzində iki rele elementinin işə düşməsinin mümkünlüyü istisna olunur.

Tezliyin bərabərləşdirilməsi düyünü aşağıdakı kimi hərəkət edir. Əgər $f_G < f_ş$ olarsa, ilk olaraq E11 rele elementi işə düşür (şək. 3.8,*b*-də a_1 nöqtəsi). Onun çıxışında gərginliyin yaranması ilə E13 gücləndiricisindən keçməklə KL6 aralıq relesi işə düşür. Bu da öz növbəsində açıcı kontaktları ilə qovşağın tezliyin aşağı enməsinə təsir edən hissəsini bloklayaraq E12 elementindən gərginliyi çıxarır. Bloklama E11 elementinin qayıtma anına qədər davam edir (b_1 nöqtəsi).

E11 işləyən anda E15 zaman elementi buraxılır, sonuncu isə 0,25-0,35 saniyəyə bərabər t_4 dözmə müddəti ilə, *M*, *Qadağa* elementlərinin, E17 gücləndiricisinin və KL9 çıxış relesinin köməyilə idarəetmə turbininin mexanizminə “Artırmaq” istiqamətində təsir edir. t_4 dözmə müddəti sinxronizatorun işə qoşulması anında E11 və E12 elementlərinin qısamüddətli işləməsi zamanı turbinə olan təsiri istisna edir. Turbinin idarəetmə mexanizminə təsirin davametmə müddəti çıxış relesinə siqnalın keçməsinə qadağa qoyan E16 zaman elementinin yaratdığı t_5 müddəti ilə məhdudlaşdırılır. E16 zaman elementinin tənzim qiyməti R13 rezistorunun köməyilə 0,15-0,45 saniyə həddində tənzimlənə bilər. Beləliklə, düyün hər bir döyünmə dövrü üçün turbinin fırlanma tezliyinin tənzimləyicisinə bir təsir impulsu hasil edir.

Döyünmə tezliyi nə qədər böyük olarsa, tənzimləmə impulsu bir o qədər tezləşmiş olur, yeni tezliyin bərabərləşdirilməsi düyünü generatorun fırlanma tezliyinin mütənasib – impuls tənzimləməsini yerinə yetirir. t_4 dözmə müddətinin olması, tezlik fərqi yalnız 2Hs-dən başlayaraq tezliyin avtomatik düzləndirilməsini təmin edir. $f_G > f_Ş$ olan halda tezliyin bərabərləşdirilməsi düyünü analoji təsir göstərir.



Şək. 3.9. *$f_G < f$ və $\delta = 0$ **(a),** $\delta = 60^0$ **(b) bucaqlarında tezliyin bərabərləşdirilməsi düyününün müvəqqəti xarakteristikalarını aydınlaşdıran vektor diqramları***

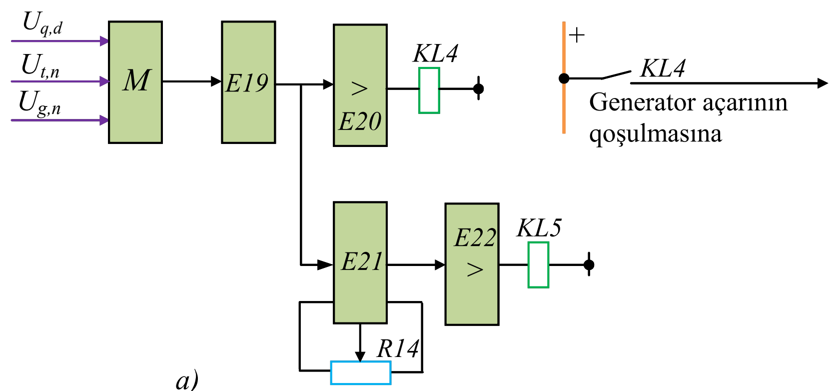
Qoşulma düyünü və qidalanma düyünü. Şək. 3.10,*a*–da verilmiş qoşulma düyünü *M* elementindən, E19 triggerindən, E20 və E22 gücləndiricisindən, KL4 çıxış relesindən, E21 zaman elementindən və KL5 generator açarının qoşulmasına yönələn impulsun məhdudlaşdırılması relesindən ibarətdir.

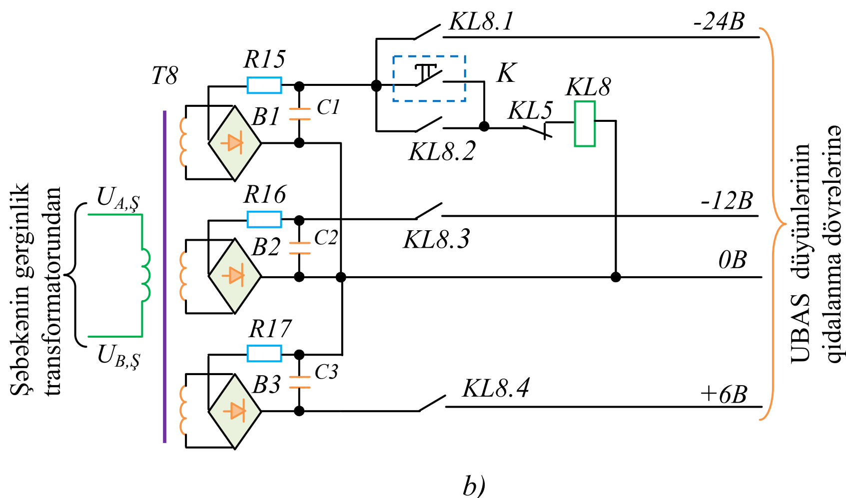
Generator açarının qoşulmasına ötürülən siqnal *M* elementinin girişində üç siqnalın eyni vaxtda olması zamanı onun özü tərəfindən hasil edilir:

1) qabaqlayıcı düyünün çıxışında gərginlik, $U_{q.d}$;
2) tezliklər fərqinə nəzarət düyünü, $U_{t,n}$;
3) gərginliklər fərqinə nəzarət düyünü, $U_{g,n}$.

Bu siqnal açarın qoşulmasını idarə edən E19 trigger və KL4 çıxış relesi ilə fiksə edilir. Açarın qoşulmasına işləyən siqnalı

məhdudlaşdırmaq üçün E21, E22 elementləri və KL5 relesi nəzərdə tutulmuşdur. 1,5 saniyəyə bərabər t_6 dözmə müddətli E21 zaman elementi və E22 gücləndiricisi KL5 relesinin işləməsini təmin edir. O da öz növbəsində özünün ayırıcı kontaktları ilə qidalanma düyünündə KL8 relesinin qidalanma dövrəsini açır (şək. 3.10,*b*).





Şək. 3.10. UBAS sinxronizatorunun qoşulma (a) və qidalanma düyünlərinin (b) funksional sxemləri

KL8 relesi isə sinxronizatorun bütün elementlərindən qidalanmanı açır. Beləliklə, generatorun avtomatik qoşulmasını yerinə yetirmiş sinxronizator işdən çıxarılır.

Sinxronizatorun təkrar işə qoşulması öz-özünü saxlama sxemi üzrə qoşulmuş KL8 rele dolağının dövrəsini qapayan *K* düyməsi vasitəsilə yerinə yetirilir. KL8.1, KL8.3, KL8.4 qapanan kontaktlarla sinxronizatorun elementlərinə qidalanma ötürülür. Qidalanmanın ötürülməsi ilə eyni vaxtda sinxronizatorun triggerləri ilkin vəziyyətlərini alırlar.

UBAS sinxronizatoru Loqika–T seriyalı yarımkeçirici məntiq elementlərindən istifadə etməklə hazırlanmışdır. UBAS sinxronizatorunun istifadəsi ilə əvvəllər geniş istifadə olunan ACT-4 tipli daimi qabaqlayıcı müddətli sinxronizatorun istehsalı dayandırıldı. Yeni UBAS sinxronizatorunun iş prinsipi ACT-4 sinxronizatorunun iş prinsipinə anolojidir. UBAS sinxronizatorunun üstünlüyü ondadır ki, orada istifadə olunan yarımkeçirici məntiq elementləri dəqiq sinxronlaşmanın mürəkkəb funksiyalarını asanlıqla realizə etməyə imkan verir. Bundan başqa, UBAS sinxronizatorunda kontaktsız elementlərin tətbiqi onu daha da etibarlı edir.

Yarımavtomatik öz-özünə sinxronizasiya qurğusu. Yarımavtomatik öz-özünə sinxronizasiya qurğusu təsirlənməmiş generator açarının avtomatik qoşulmasını təmin edir. Generatorun fırlanma tezliyinin tənzimlənməsi personal tərəfindən turbinin fırlanma tezliyinin tənzimləyicisinə əl ilə təsir etməklə yerinə yetirilir. Generator açarı qoşulduqdan sonra o, təsirlənir.

İstilik elektrik stansiyalarında öz-özünə sinxronlaşma əsasən, istilik blokunun soyuq vəziyyətdən işə salınmasının avtomatlaşdırılmasının mürəkkəbliyinin nəticəsi olaraq yarımavtomatik yerinə yetirilir. Hidroelektrik stansiyalarda hidroaqreqatların avtomatik işəsalma qurğusu tətbiq edilir, bu da həm yarımavtomatik, həm də avtomatik öz-özünə sinxronlaşmanı istifadə etməyə imkan verir.

3.3. Mikroprosessorlu avtomatik sinxronizator

Funksional sxemi. *AC-M* və *SPRİNT* tipli rəqəmli avtomatik sinxronizatorlar dəqiq sinxronlaşdırma avtomatik qurğusunun (*DSAQ*) bütün üç əsas funksiyasını yerinə yetirir. Bu sinxronizatorlar eyni zamanda avtomatik qurğunun və sinxronlaşdırılan generatorun vəziyyətlərinə dair informasiyaları monitor (AC-M) və ya hərf-rəqəm indikatoru vasitəsilə əks etdirir, onun elementlərinin nəzarətini və sazlığının diaqnostikasını, verilən informasiyanın dürüstlüyünün analizini yerinə yetirir. Bu xüsusiyyətlər qeyd olunan mikroprosessorlu sinxronizatorların vacib üstün cəhətləridir [31].

Sinxronizatorların əsas funksional hissəsi olan hesablayıcı hissə (*HH*) epizodik və qısamüddətli işlədiyi üçün bir kompüterlə realizə olunur. Generatorun paralel işə qoşulmasına hazırlanması zamanı *HH* elektrik stansiya şinlərindəki gərginliyin $\dot{U}_{\text{sin}}$ və generatorun EHQ-sinin $\dot{E}_G$ amplitud və tezliyinin, onlar arasındakı δ faza sürüşmə bucağının rəqəmsal ölçü çevrilməsini yerinə yetirir, onların fərqini və sinxronizatorun δ_q qabaqlayıcı bucağını hesablayır.

Kompüterin idarə olunmasını *ÖÇH* ölçü-çevirici hissə yerinə yetirir. *ÖÇH* giriş analoq siqnallarını ilkin olaraq emal edir. Giriş siqnallar dəyişən informasiya parametrli (amplituda, tezlik və faza) elektrik stansiya şinlərindəki gərginlik $\dot{U}_{\text{sin}}$ və generatorun EHQ-sindən $\dot{E}_G$ formalaşır (*TV1* və *TV2* gərginlik transformtorlarının ikinci tərəf çıxışları).

ÖÇH *TVL* ölçü gərginlik transformatorundan, $\dot{E}_G$ və $\dot{U}_{\text{sin}}$ amplitudlarını fasiləsiz siqnala çevirən tezlik süzgəcləri olan düzləndiricili analoq ölçü çeviricilərindən (*ÖGÇ*), kəsilmə siqnallarını formalaşdıran analoq-diskret çeviricilərindən (*ADÇ*), inteqral *ARÇ*-dən, *MPL* multipleksorundan, *MSR* giriş diskret məntiqi siqnallarə və *DYQ* nəzarət cəmlənmə registrlərindən, *BQE* başlanğıc quraşdırma elementindən, *VE* sinxronizatorun

sazlanması verici elementindn və *TSF* test siqnalı formalaşdırıcısından ibarətdir (şək. 3.11).

Sinxronizatorun icra hissəsinə hermetik kontaktlı *KBP* elektromaqnit rele komplekti – herkonlar və $\delta > 2\pi/3$ və ya $\omega > 5\,Hs$ halında generatorun qoşulmasına qadağa qoyan məntiqi element daxildir. Buna həm də informasiyanı əks etdirən elementlər aiddir: $\dot{E}_G$ və $\dot{U}_{\sin}$ arasındakı δ faza sürüşmə bucağının və digər kəmiyyətlərin *Rİ* rəqəmli və ya *ARİ* analoq-rəqəm indikatoru, *KL* dialoq rejimi üçün klaviatura. *ÖÇH* və *İH* hissələri şinlərlə əlaqələndirilir və onları mikroprosessor qurğuları üçün vacib olan hesablayıcı hissədən ayırmaq üçün 0,5kV sınaq gərginliyinə davam gətirən izolyasiya nəzərdə tutulur. Diskret siqnal dövrələrində belə elementlər olaraq KBP herkonları tətbiq olunur.

Analoq siqnalları dövrələrində birtranzistorlu gücləndiricilər (şüalandırıcılı və fotodiodlu) və ya iki inteqral əməliyyat gücləndiricili optik-elektron elementlər istifadə olunur.

Sinxronizatorun işləmə prinsipi. Sinxronizatorun hesablayıcı hissəsi zaman-impuls çevirməsi əsasında işləyir. Generatorun EHQ-si və elektrik stansiya şinlərindəki gərginliyin periodlarının davametmə müddəti e_G EHQ və $u_{\sin}$ gərginliyinin sıfırdan keçmə anlarında taymerin kodlarının hesablanması ilə qeydə alınır. Hesablama kompüterin girişlərinə e_G və $u_{\sin}$ -in analoq-diskret çeviricilərinin formalaşdırdığı $U_{k,G}$ və $U_{k,\sin}$ düzbucaqlı impulsları ilə (şək. 3.12) təsir etməklə yerinə yetirilir.

N_G və N_S cari kodları U_{kG} və U_{kS} gərginliklərinin itmə anlarında qeydə alınırlar. Onların $N_G - N_S$ fərqi δ faza sürüşmə bucağının K_δ kodunu təyin edir. Kodlar fərqinə tərs mütənasib olan ədədlər isə, cari və ondan əvvəlki periodlarda qeyd alınmış generatorun EHQ-sinin tezliyi $K_{\omega G}$ və elektrik stansiyası şinlə-

rindəki gərginlikdir $K_{\omega S}$. Aydındır ki, göstərilən ədədlərin fərqi ikilik kod şəklində generatorun sürüşmə tezliyini $K_{\omega s}$ əks etdirir.

Hesablama nəticələrindən asılı olaraq, sinxronizator TAT-nin verici elementlərinə və generatorun FTAT-na zaman-impuls idarəedici təsiri formalaşdırır. Əgər amplitud və tezliklərin fərqi buraxılabilən qiymətlərdən artıqdırsa, yəni $|\pm \Delta U_m| > 0{,}01$ və $|\pm \omega_s| > \omega_{s,bb}$ olarsa, onda uyğun olaraq, sinxron generatorun EHQ-sinin amplitudu və tezliyinin dəyişilməsi üçün müəyyən olunmuş davamiyyət müddəti ilə məhdudlanan ilkin impuls təsirləri hasil olunur.

ΔU_m və ω_s azaldıqca, hesablayıcı hissə tərəfindən davamiyyət müddəti azalan T_i təsir impulsları hesablanır. Hesablama T_i - nin həqiqi və qoyuluş tezliklərinin $\Delta\omega_s = \omega_s - \omega_{sq}$ fərqindən xətti asılılığı üzrə aparılır.

Sinxronizatorlarda müəyyən olunmuş sürüşmə tezliyi kimi $|\omega_{sq}| = |\omega_{s\max} + \omega_{s\min}|/2$ və $\omega_{s\max}/5 = \omega_{s\min}$ qəbul edilmişdir. $\omega_s \approx \omega_{sq}$ və $\Delta U_m < 0{,}1$ olduqdan sonra idarəedici təsir kəsilir və sinxronizator generatorun bərabərdəyişən fırlanma qanunu üzrə qabaqlaıcı bucağın hesablanma proqramına keçir və şərtlər ödənildikdə sinxron generatorun Q açarını qoşmaq üçün kifayət edən impuls idarəedici təsiri formalaşdırır:

$$\delta_q = \omega_{s0} t_q + a_s \frac{t_q^2}{2} \qquad (3.10)$$

$$U_\delta + \frac{d^2 U_\delta}{dt^2} T_1 T_2 = -\frac{dU_\delta}{dt} T_1 + U_{\delta 0} \qquad (3.11)$$

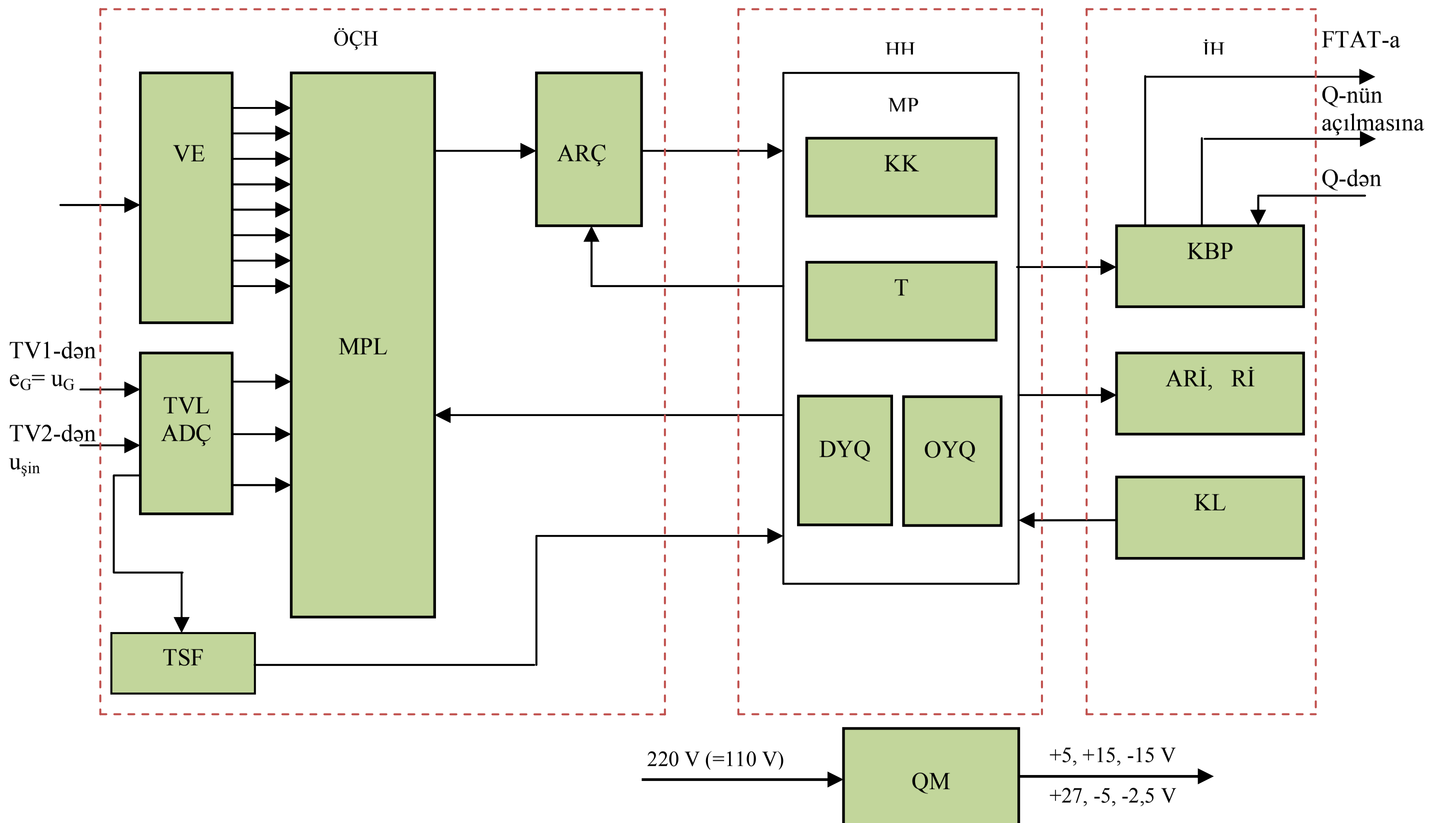
burada t_q – qabaqlayıcı zaman; ω_{s0} – sürüşmə tezliyinin başlanğıc qiyməti; a_s – sürüşmə tezliyinin təcili; $T_1 = t_q, T_2 = t_q/2$ – ötürmə funksiyaları uyğun olaraq $H_1(p) = pT_1$, $H_2(p) = pT_2$ olan diferensiatorların zaman sabitləri; $U_{\delta 0}$ – alçaq tezlikli süzgəcin çıxışındakı gərginlikdir.

Sinxronizatorlar birdəfəli işləmə xassəsinə malikdirlər. Əgər açar qoşulmursa və ya qoşulduqdan sonra açılırsa, təkrar təsir formalaşmır, sinxronizatorun qida mənbəyindən qısamüddətli açılması yolu ilə proqram təminatının yenidən işə salınması nəzərdə tutulur.

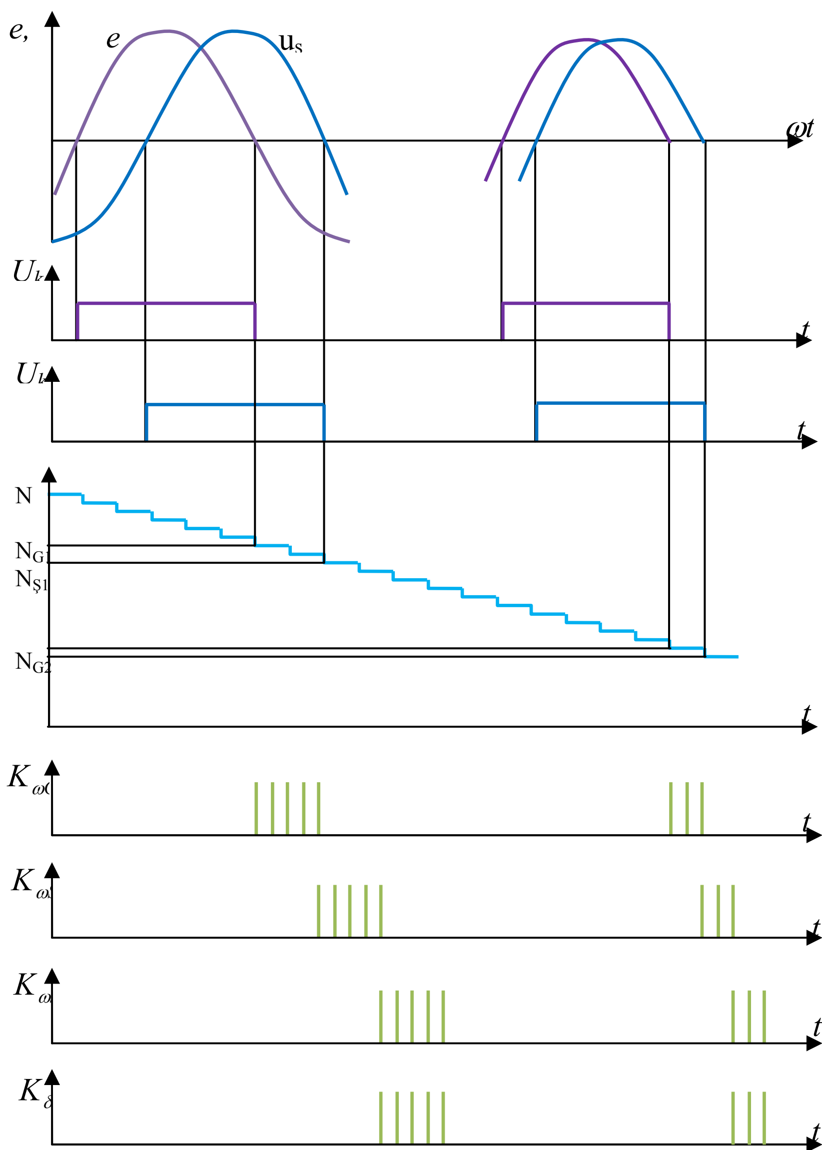
SPİRİNT sinxronizatoru *KL*-in dörd düyməsi ilə idarə olunur. Bu düymələr aşağıdakı rejimlərə uyğundur:

- *QOYULUŞ QİYMƏTLƏR* – fırlanma tezliyinin idarəetmə impulslarının davamiyyət müddəti $T_i = 2{,}0 - 0{,}1\,san$ və onlar arasındakı müəyyən olunmuş fasilənin sabit davamiyyət müddəti $T_{i,mo} = 2{,}0 - 1{,}0\,san$ halında, sinxronizatorun verilmiş $t_{q1} = 0{,}1 - 0{,}5\,san; t_{q2} = 0{,}5 - 1{,}0\,san; \Delta U_{m,bb} < 0{,}1; \omega_{s,bb} < 2\pi/3t_q$; $K_{saz} = 0{,}1 - 2{,}0\ san/Hs$ parametrlərinə sazlanması yerinə yetirilir;
- *NƏZARƏT* – sinxronizatorun girişinə daxil olan bütün siqnallar hərf-rəqəm indikatorunda əks olunur;
- *İŞLƏMƏ* – generatorun sinxronlaşdırılması yerinə yetirilir;
- *GÖZDƏN KEÇİRMƏ* – mikroprosessorun yaddaşında qeyd olunan bir neçə yerinə yetirilmiş sinxronlaşma prosesinin nəticələrinə baxmağa imkan verir.

Transformatorsuz qida mənbəyi onun sabit əməliyyat cərəyanına qoşulmasını təmin edir.



Şək. 3.11. SPRİNT mikroprosessorlu avtomatik sinxronizatorun funksional sxemi



Şək. 3.12. Mikroprosessorlu sinxronizarotun ölşü hissəsinin işini təsvir edən zaman qrafikləri

Yoxlama sualları

1. Sinxron generatorun sinxronlaşdırılması nə deməkdir və hansı sinxronlaşdırma üsulları vardır?
2. Dəqiq sinxronlaşdırma şərtlərini izah edin.
3. Öz-özünə sinxronlaşma şərtlərini izah edin.
4. Döyünmə gərginliyi nədir? Generator gərginliyinin şəbəkə gərginliyinə bərabər olmayan halında döyünmə gərginliyinin zamandan asılı qrafikini göstərin.
5. Avtomatik sinxronizatorun tərkibinə hansı əsas elementlər daxildir?
6. UBAS tipli sinxronizatorda hansı yol ilə sürüşmənin bucaq sürətinə, generator və şəbəkənin gərginliklər fərqinə nəzarət olunur?
7. UBAS tipli sinxronizatorda tezlik bərabərləşdiricisinin yerinə yetirilmə prinsipini izah edin. Tezlik bərabərləşdiricisində sürüşmənin işarəsi necə qeydə alınır?
8. Yarımavtomatik öz-özünə sinxronizasiya qurğusunda tezliklər fərqi relesinin təyinatı nədən ibarətdir?
9. Mikroprosessorlu avtomatik sinxronizator necə işləyir və hansı xüsusiyyətlərə malikdir?
10. Mikroprosessorlu avtomatik sinxronizatorda faza sürüşmə bucağı və sürüşmə tezliyi haqqında informasiyalar necə formalaşır?
11. SPRİNT sinxronizatorun xüsusiyyətlərini izah edin.

FƏSİL 4. TEZLİYİN VƏ AKTİV GÜCÜN AVTOMATİK TƏNZİMLƏNMƏSİ

4.1. Ümumi məlumat

Dəyişən elektrik cərəyanının tezliyi elektrik stansiyasının generatorları tərəfindən istehsal və tələbatçılar tərəfindən istehlak olunan elektrik enerjisinin əsas keyfiyyət göstəricilərindən biridir.

Sinxron və asinxron elektrik mühərriklərinin firlanma tezliyi və müvafiq olaraq onlar tərəfindən fırlanma hərəkətinə gətirilən mexanizmlərin (dəzgahların, nasosların, sərinkeşlərin və s.) məhsuldarlığı qidalandırıcı dəyişən cərəyanın tezliyindən asılıdır. Tezliyin aşağı düşməsi zamanı onların məhsuldarlığı da aşağı düşür. Tezliyin artması isə artıq elektrik enerjisi sərfinə gətirib çıxarır. Beləliklə, tezliyin nominal qiymətdən hər hansı meyletmələri böyük iqtisadi ziyanlarla əlaqədardır. Ona görə də bu və digər səbəbləri əsas tutaraq, dəyişən cərəyanın tezliyi QOST 32144-2013 Beynəlxalq Standartı ilə normalaşdırılır.

Dəyişən cərəyan tezliyinin nominal qiyməti QOST-da təyin olunduğu kimi 50Hs təşkil edir. Tezliyin meyletməsi isə meyletmə göstəriciləri ilə xarakterizə olunur. Sinxronlaşdırılmış elektrik təchizat sistemlərində tezliyin meyli bir həftəlik zaman intervalının 95%-i müddətində $\pm 0,2$Hs-i və bir həftəlik zaman intervalının 100%-i müddətində $\pm 0,4$Hs-i keçməməlidir.

Məlum olduğu kimi, aktiv gücün istehsalı və istehlakı eyni vaxtda baş verir. Ona görə də normal rejimdə elektrik stansiyalarının generatorları tərəfindən istehsal olunan güc (P_{gen}) tələbatçılar tərəfindən istehlak olunan güclə (P_t), elektrik veriliş xətlərində və elektrik şəbəkəsinin digər elementlərində itkiyə sərf olunan güclərin (P_{itki}) cəminə bərabərdir, yəni

$$P_{gen} = P_t + P_{itki}$$

burada, $P_t + P_{itki} = P_y$ - generatora düşən yekun yükdür və müvafiq olaraq,

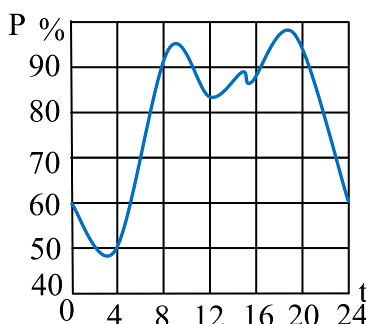
$$P_{gen} = P_y \tag{4.1}$$

(4.1) bərabərliyi istehsal və istehlak güclərinin balans şərtini ifadə edir. Bu şərtin ödənilməsi ilə zamanın istənilən anında tezlik dəyişməz qalır.

Lakin bununla yanaşı, işə qoşulan tələbatçıların sayından və onların yüklənməsindən asılı olaraq hər bir zaman anında enerjisistemin yükü praktiki olaraq sabit qalmır və fasiləsiz dəyişir ki, bu da (4.1) balans şərtinin pozulmasına səbəb olur.

Enerjisistemdə sutka ərzində yükün dəyişilmə nümunəsi şək. 4.1-də göstərilmiş qrafiklə xarakterizə edilir. Qrafikdən görünür ki, səhər və xüsusilə, axşam saatlarında yük maksimal qiymətinə çatır, gecə saatlarında isə əksinə, minimal qiymət alır. Bu zaman həmin qiymətlər arasındakı fərq 30-50% təşkil edə bilər.

Belə şəraitdə enerjisistemdə nominal tezliyin saxlanması elektrik stansiyaların generatorlarının güclərinin müvafiq olaraq və vaxtında dəyişilmələrini tələb edir.

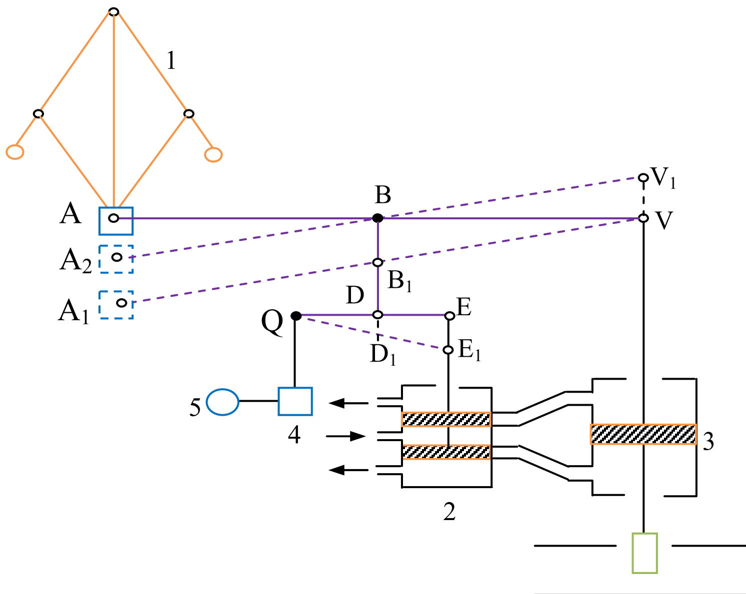


Şək. 4.1. Enerjisistemin yükünün dəyişməsinin sutkalıq qrafiki (qış iş günü)

4.2. Turbinin fırlanma tezliyinin ilkin tənzimləyiciləri

Enerjisistemin inkişafının başlanğıc dövründə tezliyin müəyyən edilmiş səviyyədə saxlanması bütün istilik və hidravlik turbinlərin təchiz edildiyi fırlanma tezliyinin mərkəzdənqaçma tənzimləyicilərinə (FTT) həvalə olunmuşdur.

Hazırda çoxsaylı FTT növləri mövcuddur, onlardan birinin iş prinsipi şək. 4.2-də verilmişdir.



Şək. 4.2. Fırlanma tezliyinin ilkin tənzimləyicisi qurğusunun iş prinsipi

FTT-nın ölçü orqanı turbinin valı ilə əlaqəli olan, xüsusi ölçü generatorlarından qidalanan, turbinin rotoru və ya sinxron elektrik mühərrikin təsirindən fırlanan 1 mərkəzdənqaçma rəqqasıdır. Fırlanma tezliyi və şəbəkənin tezliyi aşağı düşən zaman rəqqasın kürələri aşağı düşür və onun muftası A vəziyyətindən A_1

vəziyyətinə keçir. Bu halda AV lingi V nöqtəsinə nəzərən fırlanır, B şarnirini B_1 vəziyyətinə qədər aşağı salır və QE lingini Q nöqtəsinə nəzərən fırladır.

Nəticədə 2 zolotnikinin silindri aşağı hərəkət edir və təzyiq altında olan yağ 3 yağ mühərrikinin silindrinin altına daxil olur. Silindr qalxır və turbinə daxil olan buxarın (və ya suyun) miqdarı artır, bu da fırlanma tezliyini artırır və rəqqasın muftası A_2 vəziyyətinə keçir.

Eyni vaxtda AV lingi A_2 nöqtəsinə nəzərən fırlanaraq B şarnirini qaldırır, həm də QE linginin D və E nöqtəsini əvvəlki vəziyyətinə qaytarır ki, bu da zolotnikin bağlanmasına gətirir və tənzimləmə prosesi sona çatır.

Beləliklə, baxılan FTT buxarın (və ya suyun) miqdarının artması ilə turbinin artan yükünü kompensasiya edir, ancaq turbinin fırlanma tezliyini əvvəlki vəziyyətinə qaytarmır. Belə tip FTT statik adlanır (4.3 bölməsi).

FTT-ya nominal fırlanma tezliyini bərpa etmək, həmçinin turbini əl ilə idarə etmək üçün xüsusi idarəetmə mexanizmi (TİM) nəzərdə tutulmuşdur (şək. 4.2-də blok 4). Onun köməyi ilə Q nöqtəsinin yerini dəyişmək olar. Belə ki, Q nöqtəsi yuxarı hərəkət etdikdə QE lingi D nöqtəsinə nəzərən fırlanacaq və 2 zolotnikinin silindirini aşağı salacaq. Bu zaman 3 yağ mühərriki buxarın (və ya suyun) daxilolma həcmini artıracaq, turbinin fırlanma tezliyi artacaq və rəqqasın muftası ilkin A vəziyyətinə qayıdacaq. Turbinin idarəetmə mexanizmi 5 elektrik mühərrikinin köməyi ilə məsafədən idarəetməyə malikdir.

Qeyd edilənlərdən başqa turbinin fırlanma tezliyini ilkin vəziyyətinə qaytara bilən FTT də mövcuddur. Bu cür FTT astatik adlanır (4.3 bölməsi).

4.3. Turbinin fırlanma tezliyinin və şəbəkənin elektrik tezliyinin tənzimlənmə xarakteristikaları

Fırlanma tezliyinin ilkin tənzimləyiciləri, həmçinin şəbəkə tezliyinin ikinci tənzimləyiciləri iki növ tənzimləmə xarakteristikasına malik ola bilər: astatik və statik.

Astatik xarakteristikalı tənzimləyici generator yükünün yüksüz işləmə halından nominala qədər (şək. 4.3, 2 düz xətti) dəyişməsi zamanl *n* fırlanma tezliyini və ya *f* şəbəkə tezliyini dəyişməz saxlayır. Bu hal astatik xarakteristika üzrə tənzimləmənin müsbət xüsusiyyətidir.

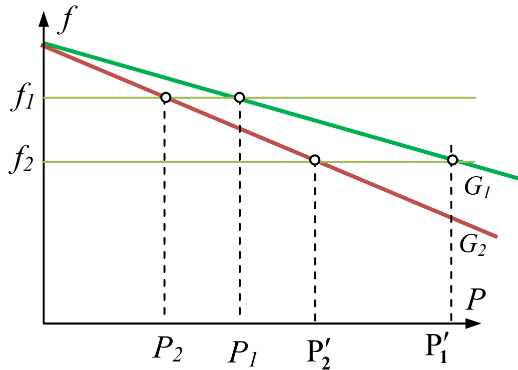
Bu növ tənzimləmənin çatışmayan cəhəti bir neçə generatorlar arasında yükün paylanması qeyri-müəyyən olduğundan onların paralel işinin mümkün olmamasıdır.

Əgər iki generator astatik FTT ilə paralel işləyirsə və nominal tezlik zamanı onlar müəyyən yükə malikdirsə, onda tezliyin aşağı düşməsi zamanı hər iki tənzimləyici tezliyi bərpa etmək üçün öz generatorlarını yükləməyə başlayacaq. Bu zaman onlar tamamilə ixtiyari yüklənəcək və ola bilsin ki, tənzimləyicisi daha həssas olan generator bütün əlavə yükü qəbul etsin, lakin bu zaman ikinci generator ola bilsin heç yüklənməyəcək və ya birinci generatorun yükü maksimala çatanda, tezlik isə hələ bərpa olmadıqda yüklənməyə başlayacaq.

Statik xarakteristikaya malik olan tənzimləyici isə tənzimləyicinin xarakteristikası üzrə generatorun verilmiş yükünə uyğun olan fırlanma tezliyini (elektrik tezliyi) saxlayır.

Bir neçə generatorun paralel işləməsi zamanı statik xarakteristikalı FTT-nın tətbiqi onların dayanıqlı işini və onlar arasında verilmiş paylanmanı təmin edir.

Əgər f_1 tezliyində (şək. 4.3) iki generator paralel işləyibsə və öz xarakteristikalarına görə P_1, P_2 yüklərini daşıyıblarsa, onda tezliyin f_2 qiymətinə qədər aşağı enməsi zamanı hər bir generator uyğun olaraq, müəyyən P_1' və P_2' kəmiyyətlərinə qədər yüklənəcək.



Şək. 4.3. Statik xarakteristikaya malik FTT ilə təchiz olunmuş, paralel işləyən aqreqatlar arasında yükün paylanması

FTT xarakteristikasının meylliyini dəyişərək elektrik stansiyasının yükünün tənzimləməsində generatorların lazım olan iştirak payını təmin etmək olar. Baxılan xüsusiyyət statik xarakteristika üzrə tənzimləmənin müsbət xüsusiyyətidir.

Statik xarakteristika üzrə tənzimlənmənin çatışmamazlığı tezliyin dəyişməz saxlanmasının mümkün olmamasıdır.

Şəbəkə tezliyinin nominal qiymətdən meyletməsi tənzimləyicinin statizm əmsalından asılıdır. Bu əmsal şəbəkə tezliyinin dəyişməsinin yükün dəyişməsinə olan nisbəti kimi təyin edilir, Hs/MVt:

$$s = \frac{f_1 - f_2}{P_1 - P_2} \tag{4.2}$$

burada, f_1 – şəbəkənin başlanğıc tezliyi; f_2 – şəbəkənin sonrakı tezliyi; P_1 – generatorun başlanğıc yükü; P_2 – generatorun sonrakı yükü.

$P_1 - P_2 = \Delta P$ və $f_1 - f_2 = \Delta f$ işarə etsək alarıq:

$$s = \frac{\Delta f}{\Delta P} \tag{4.2 a}$$

və ya statizm əmsalını nisbi vahidlərlə ifadə etsək (şəbəkənin nisbi nominal tezliyi f_0 və generatorun nominal gücü P_0), alarıq:

$$s = \frac{\Delta f / f_0}{\Delta P / P_0} = \frac{\Delta f}{f_0} \cdot \frac{P_0}{\Delta P} \tag{4.3}$$

və ya faizlərlə,

$$s\% = \frac{\Delta f}{f_0} \cdot \frac{P_0}{\Delta P} \cdot 100 \tag{4.4}$$

Statizm əmsalı çox vaxt tərs kəmiyyətlə xarakterizə edilir, MVt/Hs:

$$K_t = \frac{1}{s} = \frac{\Delta P}{\Delta f} \tag{4.5}$$

və ya

$$K_t = \frac{P_0}{s\%} \cdot \frac{100}{f_0},$$

yaxud son olaraq,

$$K_t = \frac{2P_0}{s\%} \tag{4.5a}$$

belə ki, f_0 =50Hs. K_t tezlik xarakteristikasının dikliyi adlanır.

4.4. Enerjisistemdə tezliyin tənzimləmə üsulları

4.4.1. Turbinin fırlanma tezliyinin ilkin tənzimləyiciləri ilə tezliyin tənzimlənməsi

Bu üsul baxılan üsullardan ən sadəsi hesab olunur. Enerjisistemin elektrik stansiyalarının statik xarakteristikaya malik FTT ilə təchiz olunmuş bütün generatorları tezliyin tənzimlənməsində iştirak edir.

FTT-nın statizm əmsalının s=6% (0,06) olduğunu bilərək və tezliyin nominaldan buraxılabilən meyletməsini ГОСТ üzrə Δf =0,2Hs (0,4Hs) qəbul edərək FTT-nın buraxılabilən sərhədləri aşmayan meyletmələrlə tezliyi avtomatik olaraq lazımi həddə saxlanmasının təmin edilməsi zamanı yükün dəyişmə sərhəddini təxminən müəyyən etmək mümkündür.

(4.3) ifadəsindən alırıq:

$$\Delta P = \frac{\Delta f}{f_0} \cdot \frac{P_0}{s} = \frac{0{,}004}{1} \cdot \frac{1}{0{,}06} \approx 0{,}07\,P_0$$

Enerjisistemdə yükün həqiqi dəyişməsi (şək. 4.1) müəyyən olunmuş qiyməti kifayət qədər aşdıqda ilkin tənzimləyicilər operativ heyətin müdaxiləsi olmadan tezliyin tələb olunan səviyyədə saxlanmasını təmin edə bilmirlər.

Operativ heyətin iştirakı ilə tezliyin tənzimlənməsinin ən əlverişli üsullarından biri enerjisistemdə tezliyin tənzimlənməsi üçün xüsusi olaraq ayrılmış, elektrik stansiyalarının birində (adətən, hidrostansiya) ilkin tənzimləyicilərin xarakteristikalarına sürüşmə yolu ilə tezliyin dövri bərpası aiddir. Lazım gəldikdə (iqtisadi və digər səbəblərdən) tezliyin tənzimlənməsi digər elektrik stansiyaları ilə də aparıla bilər.

Tezliyin bu şəkildə yarımavtomatik tənzimlənməsinin əsas çatışmayan cəhəti odur ki, enerjisistemin dispetçeri həmişə tezliyin meyletməsinə, enerjisistemin yekun yükünə və tənzimləyən

elektrik stansiyasında güc ehtiyatının (tənzimləmə diapazonu) qiymətinə nəzarət etməlidir.

4.4.2. Tezliyin ikinci avtomatik tənzimləyicilərinin köməyi ilə tezliyin tənzimlənməsi

Tezliyin ikinci avtomatik tənzimləyiciləri (TİAT) kifayət qədər dəqiqliklə tezliyin nominaldan meyletmə qiymətini ölçür və idarəetmə əmrlərini formalaşdırır.

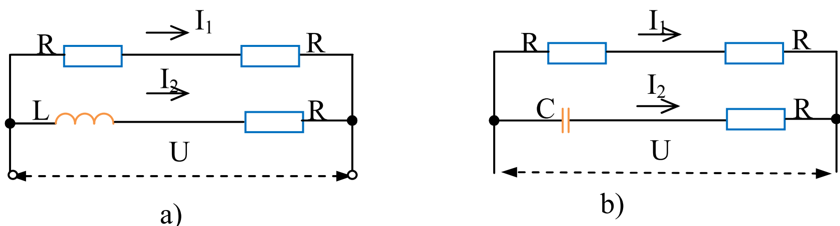
Şək. 4.4-də tezliyin ani meyletməsinə cavab verən avtomatik tezlik tənzimləyicilərinin (ATT) sadə ölçü orqanlarının sxemləri təsir edilmişdir. Sxemlər paralel qoşulmuş aktiv və induktiv (şək. 4.4,a) və ya tutum (şək. 4.4,b) müqavimətlərindən ibarət konturlar şəklindədir.

Kontur elə sazlanmışdır ki, şəbəkənin nominal tezliyində I_1 və I_2 cərəyanları qiymətcə bərabərdir. Şəbəkənin tezliyinin azalması və ya artması zamanı X_l və ya X_c-nın dəyişməsi ilə cərəyanların bərabərliyi pozulur. Nəticədə şəbəkə tezliyinin meyletməsinin qiymətindən və işarəsindən asılı olaraq konturun çıxışında cərəyanın fazası dəyişir ki, bu da tezliyin nominaldan meyletmə əlaməti kimi qiymətləndirilir.

Digər sxemlərdə L və C-nın paralel qoşulması ilə rezonans konturlar, həmçinin fazaya həssas süzgəc və balans sxemlər istifadə edilir.

Tezliyin ani meyletməsinə cavab verən ATT-dən başqa, həm də öz çıxışında verilmiş zaman aralığında tezliyin meyletmə inteqralına mütənasib olaraq siqnal hazırlaya bilən ölçü orqanlarına malik ATT də istifadə edilir.

Analoq tipli inteqrator şək. 4.5-də sadələşdirilmiş şəkildə göstərilmiş selsin C_H bazası əsasında yerinə yetirilir. Selsinə f_c tezliyi tənzimlənən şəbəkə gərginliyi qoşulur və xüsusi etalon TV tezlik vericisindən gərginlik verilir (50Hs tezliyi qoruyub saxlaya bilən).



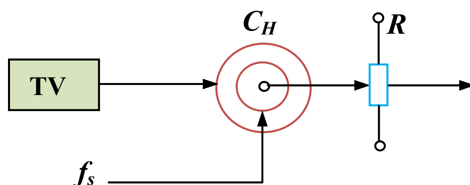
Şək. 4.4. Tezliyin ani meyletməsinə cavab verən ikinci tənzimləyicilərin ölçü orqanlarının prinsipial sxemi

Vericinin və şəbəkənin tezliyi bərabər olan zaman selsin tərpənməz qalır, lakin şəbəkə tezliyi bu və ya digər tərəfə meyl etdikdə selsin rotoru da bu və ya digər tərəfə fırlanır və *R* reostatının qolunun yerini dəyişir, bununla da tezliyin meyletməsinin inteqralına mütənasib olan gərginlik ondan ayrılır.

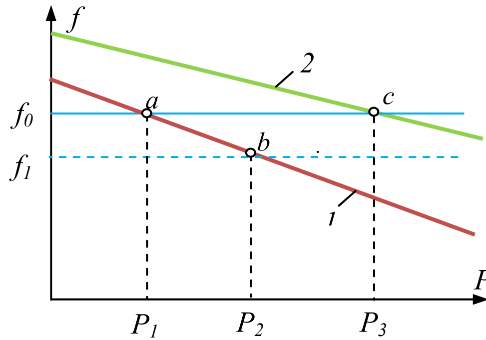
Bu tip ATT ilə tənzimləmə zamanı tezliyin verilmiş orta qiymət səviyyəsində saxlanması təmin edilir.

ATT-nın idarəetmə komandaları ilkin tənzimləyicilərin xarakteristikalarının sürüşməsini yerinə yetirir (şək. 4.6).

Beləliklə, əgər f_0 tezliyində generator P_1 yükü ilə işləyirdisə, (1 xarakteristikasında a nöqtəsi), onda tezliyin f_1-ə qədər aşağı düşməsi zamanı generator öz yükünü P_2-yə qədər artıra bilər (1 xarakteristikasında b nöqtəsi).



Şək. 4.5. Şəbəkə tezliyinin orta qiymətinin meyletməsinə cavab verən tənzimləyici qurğunun işləmə prinsipi



Şək. 4.6. TİM köməyi zamanı FTT-nın statik xarakteristikasının yerdəyişməsi

Nominal tezliyi bərpa etmək üçün ATT turbinin idarəetmə mexanizminə (TİM) təsir edir, ilkin tənzimləyicinin xarakteristikasını tezlik nominal olana qədər (c nöqtəsi) 2 vəziyyətinə gətirir. Bu halda generatorun yükü P_3-ə qədər artır.

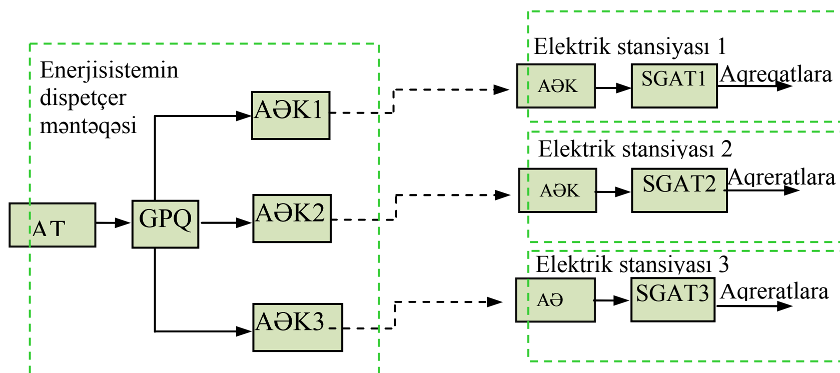
ATT-dan gələn komandaların intensivliyi tezliyin meyletməsinə mütənasibdir, lakin işarə meyletmənin işarəsinə uyğun gəlir.

Avtomatik tezlik tənzimləyicisi astatik xarakteristikaya malikdir və enerjisistemdə tezliyin tənzimlənməsi üçün ayrılan elektrik stansiyasının aqreqatına təsir edir.

Yalnız bir tənzimləyici elektrik stansiyasının olmasının çatışmayan cəhəti odur ki, elə bu elektrik stansiyasında tənzimləmə diapazonunun təmin olunması vacibdir. Bunun isə praktiki olaraq enerjisistemdə nəhəng hidrostansiyanın olması zamanı həyata keçirməsi mümkündür.

Bir elektrik stansiyasında tənzimləmə diapazonu kifayət etmədikdə ATT eyni vaxtda iki və daha çox elektrik stansiyasına təsir edir. Bunun üçün o, xüsusi teletənzimləmə kanallarından istifadə edir.

Tezliyin avtomatik tənzimlənməsi elə yerinə yetirilməlidir ki, bu zaman elektrik stansiyalarının və bütövlükdə enerjisistemin qənaətli işi təmin edilsin.



Şək. 4.7. Tezliyin bir neçə tənzimləyici elektrik stansiyalarla mərkəzləşdirilmiş tənzimlənməsinin struktur sxemi
ATT-avtomatik tezlik tənzimləyicisi; GPQ–gücün elektrik stansiyaları arasında paylanma qurğusu; AƏK1–AƏK3 – teletənzimləmə əmrlərini ötürmək və qəbul etmək üçün əlaqə kanalı; SGAT1– SGAT3 – stansiya gücünün avtomatik tənzimləyicisi

Maksimal iqtisadi səmərə əldə etməyin ən əsas şərtlərindən biri ən aşağı şərti yanacaq sərfini və elektrik şəbəkəsində güc itkisini təmin edən yükün elektrik stansiyasının aqreqatları arasında və ya enerjisistemin elektrik stansiyaları arasında ən əlverişli paylanmasıdır.

Birinci şərt yerinə yetirilərkən tezlik aşağı düşən zaman ilk növbədə iqtisadi cəhətdən sərfəli aqreqatlar və ya elektrik stansiyaları yüklənir, lakin tezliyin artması zamanı isə iqtisadi cəhətdən az səmərə verən aqreqatlar və ya stansiyaların yükü azaldılır. Bu tələb, bir elektrik stansiyasının aqreqatlarına və güc itkisi bütövlükdə enerjisistemin effektivliyinə çox da təsir etməyən şəbəkələrlə qısa əlaqələri olan elektrik stansiyalarına aiddir.

Əgər elektrik stansiyalarının şəbəkələrlə əlaqələri uzun məsafəlidirsə, onda ikinci şərt də təmin olunmalıdır. Bunun üçün tezliyi tənzimləyərkən elektrik stansiyasının yüklənməsi və yükdən açılması yalnız onların effektivliyini deyil, həm də şəbəkədəki güc itkisini də nəzərə almalıdır.

Göstərilən tələblərin yerinə yetirilməsi üçün gücün müxtəlif növ paylanma qurğusundan istifadə edilir. Bunlar öz növbəsində onlar üçün hesablanmış hissə payına uyğun olaraq elektrik stansiyaları arasında ümumi verilən gücü bölüşdürür (şək. 4.7). Tənzimləyici elektrik stansiyalarında verilən payı aqreqatlar arasında paylamaq üçün qurğu quraşdırılır. Tezliyin belə tənzimləmə sistemi mərkəzləşmiş tənzimləmə sistemi adlanır.

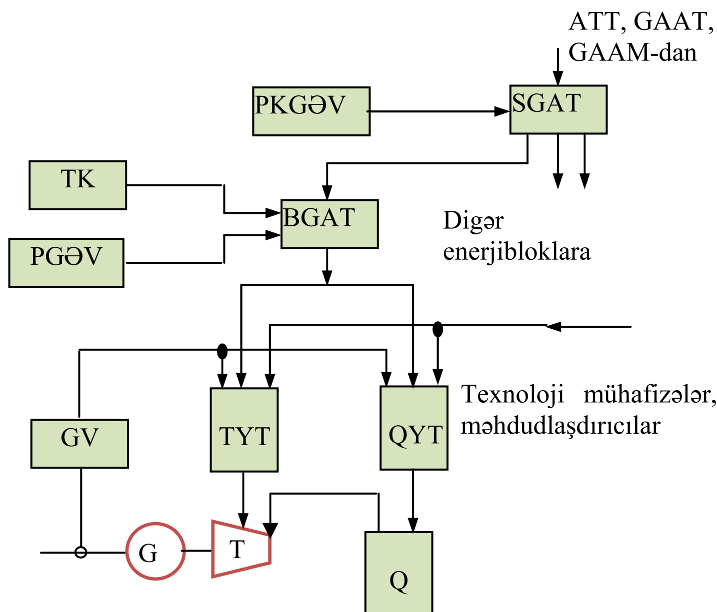
Müasir enerjisistemlərdə tezliyin tənzimlənməsi və ya güc axını zamanı generatorların və ya elektrik stansiyasının gücünün dəyişməsinə təsir ümumilikdə, elektrik stansiyasının və enerji blokların gücünün avtomatik tənzimləyiciləri (SGAT və ya BGAT) vasitəsilə aparılır.

Şək. 4.8-də struktur sxemdə göstərildiyi kimi SGAT elektrik stansiyasının gücünün dəyişməsinə aid tapşırığı tezlik tənzimləyicisindən (ATT), güc axınının avtomatik tənzimləyicisindən (GAAT), güc axınının avtomatik məhdudlaşdırıcısından (GAAM) və plandan kənar gücün əl ilə vericisindən (PKGƏV) qəbul edir və enerji blokların iqtisadi xarakteristikaları üzrə əvvəlcədən verilmiş hissə payına görə verilən payı onlar arasında paylayır.

BGAT qurğusu SGAT-dən və planlaşdırılmış gücün əl ilə vericisindən (PGƏV) tapşırıq alaraq turbin və qazanın yükünün tənzimləyicilərinə (TYT və QYT) və onlardan keçməklə turboge neratorun və qazanın gücünün dəyişməsinə yekun təsiri hasil edir. Güc vericisi (GV) tərəfindən nəzarət olunan generatorun faktiki yükü verilmiş qiymətə bərabər olduqda gücün dəyişməsi dayandırılır. Tapşırıq dəyişilməyənə qədər BGAT bu gücü dəyişməz saxlayır. Ona görə də tezliyin qəza artması və ya azalması zamanı BGAT-ın gücün dəyişməsinə mane olmaması üçün tezlik korrektorundan (TK) istifadə edilir. Bu isə tezliyin meyletməsi zamanı

enerjiblokun müvafiq güc dəyişməsinə görə BGAT-a əlavə tapşırıq verir.

Hidrostansiyalar anoloji funksiyaları yerinə yetirən gücün qrup şəkilli idarə etmə qurğuları ilə təchiz olunurlar.



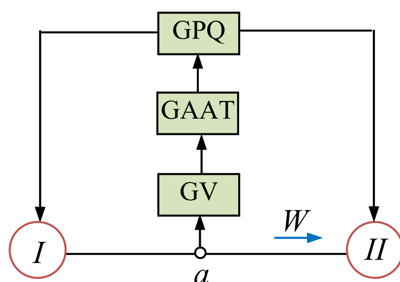
Şək. 4.8. İstilik elektrik stansiyasının gücünün avtomatik tənzimləyicisinin struktur sxemi

SGAT–elektrik stansiyasının gücünün avtomatik tənzimləyicisi; BGAT–enerjiblokun gücünün avtomatik tənzimləyicisi; PKGƏV–plandan kənar gücün əl ilə vericisi; PGƏV–planlaşdırılmış gücün əl ilə vericisi; TYT və QYT–turbinin və qazanın yükünün tənzimləyiciləri; TK–tezlik korrektoru; GV–güc vericisi; G, T, Q – generator, turbin, qazan

4.5. Güc axınının avtomatik tənzimlənməsi

Enerjisistemin və birləşmiş enerjisistemin (BES) rasional iş rejimini, həmçinin sistemlərarası və sistemdaxili elektrik veriliş xətlərinin (EVX) buraxma qabiliyyətindən maksimal istifadəni təmin etmək üçün bəzi hallarda həmin xətlər boyunca böyük axınla güc mübadiləsini həyata keçirmək lazım gəlir.

Belə şəraitdə çox yüklənmiş sistemlərarası və sistemdaxili elektrik veriliş xətlərinin etibarlı işi güc axınlarının avtomatik tənzimləmə qurğuları (GAAT) ilə təmin olunur.



Şək. 4.9. Sistemlərarası elektrik veriliş xətlərində GAAT-ın balanslayıcı iş prinsipi

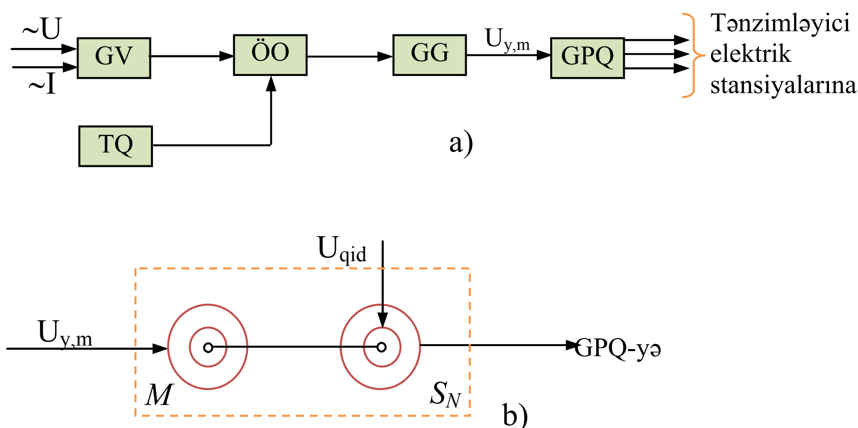
GV – güc vericisi; GAAT – güc axınının avtomatik tənzimləyicisi; GPQ – gücün enerjisistemlər arasında paylama qurğusu; a – güc axının ölçülmə yeri

GAAT-ın əsas təyinatı rejimin qənaətliliyini təmin etməklə yanaşı, həm də enerjisistemin və ya onun hissələrinin paralel işinin dayanıqlığını poza bilən EVX-nın artıq yüklənməsinin qarşısını almaqdır.

Ən yaxşı nəticə GAAT-ın balanslaşdırıcı təsiri zamanı əldə edilir (şək. 4.9). Beləliklə, əgər güc axını I enerjisistemindən II enerjisisteminə istiqamətlənibsə və GAAT-ın qoyuluş qiymətini aşırsa, onda sonuncu eyni vaxtda I enerjisistemin elektrik stansiyasının gücünün azalmasına və II enerjisistemin elektrik stansiya-

sının gücünün artmasına təsir edir. GAAT-ın belə işi zamanı enerjisistemlərdə tezlik, uyğun olaraq digər xətlər boyunca güc axını da dəyişməz qalır. Güc axınının əks tərəfə istiqamətlənməsi zamanı GAAT-ın enerjisistemə təsir xarakteri də əks tərəfə dəyişir.

GAAT-ın əsas orqanı güc vericisinə (GV) qoyulmuş ölçü orqanıdır (şək. 4.10).



Şək.4.10. GAAT-ın struktur sxemi (a), inteqrator qurğusunun iş və təsir prinsipi (b)

Güc vericiləri gücün teleölçü qurğularında da tətbiq edilən statik elementlərin istifadəsi ilə müxtəlif prinsiplərdə yerinə yetirilir.

Ölçü orqanı (ÖO) elektrik veriliş xətti üzrə ötürülən faktiki gücü TQ tapşırıq verən qurğunun qoyuluş qiyməti ilə müqayisə edir və öz çıxışında gərginlik yaradır. Çıxış gərginliyi, adətən, müvafiq gücləndiricilər ilə gücləndirilir.

Güc axınlarının dəyişməsini aşkarlaya bilən iki üsul möcuddur: ani meyletməyə görə və inteqral meyletməyə görə.

İnteqrator mikroelektrik mühərrikdən (M) və selsindən (S_N) ibarətdir. Gücləndiricinin çıxışında gərginlik yaranan zaman

($U_{у,м}$) elektrik mühərriki fırlanmağa başlayır və selsinin rotorda fırlatmağa başlayır. Nəticədə selsinin statorunda rotorun fırlanma bucağına mütənasib olan gərginlik yaranır. Bu gərginlik GPQ güc paylayıcısına daxil olur.

Güc axınının təmizləyicisi güc axınını qoyuluş qiymətdən meyletmə zamanı həm artma, həm də azalma tərəfə verilmiş qiymətə qaytarır. Lakin bəzi hallarda güc axınını yalnız azalma tərəfə tənzimləmək lazım gəlir, yəni onun maksimal qiyməti məhdudlaşdırılır. Belə hallarda GAAT məhdudlaşma rejimində işləmək üçün istifadə edilir və müvafiq olaraq, güc axınının avtomatik məhdudlaşdırıcısı adlanır. GAAT-dən fərqli olaraq, güc axınının avtomatik məhdudlaşdırıcısı sürətlidir.

4.6. Tezliyin və güc axınının kompleks tənzimlənməsi

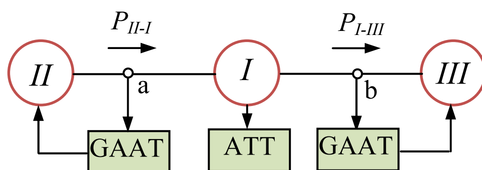
Tezlik və aktiv güc – bir-biri ilə qarşılıqlı sərt əlaqəli olan kəmiyyətlərdir. Bunlardan birinin dəyişməsi digərinin də dəyişməsinə səbəb olur. Ona görə də ən yaxşı nəticələr tezliyin və güc axınlarının birlikdə və ya ayrı-ayrılıqda avtomatik tənzimlənməsi zamanı əldə edilir.

Tezliyin və güc axınlarının ayrı-ayrılıqda tənzimlənməsi zamanı adətən, BES-in mərkəzində yerləşən böyük (şək. 4.11) gücə malik enerjisistemlərdən birinə, digər enerjisistemlərə (II və III) mübadilə olunan güc axınlarının astatik tənzimlənməsi tapşırılır.

ATT–GAAT kimi sadə və təbii sistemin çatışmayan cəhəti onun əks işləməsidir, məsələn, I enerjisistemində yükün artması yenidən tənzimləməyə və tezliyə, güc axınlarına görə normal rejimin bərpasının gecikməsinə səbəb olur.

Ən yaxşı nəticələri tezliyin və güc axınlarının müştərək tənzimləmə metodu təmin edir. Bu halda hər bir enerjisistem öz yükü tərəfindən istehlak olunan gücün gözlənilməz dəyişməsini və ya həmin enerjisistemin elektrik stansiyalarının generatorları tərəfindən generasiya olunan gücü tənzimləyir. Bu metod müasir birləşmiş enerjisistemlərdə tezlik və güc axınlarına görə rejimin tən-

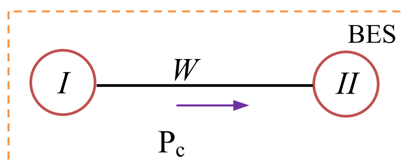
zimlənməsində əsas hesab olunur və ona görə də buna böyük əhəmiyyət verilir.



Şək. 4.11. Tezliyin və güc axınlarının ayrı-ayrılıqda tənzimləmə sxemi

ATT – avtomatik tezlik tənzimləyicisi; GAAT – güc axınının avtomatik tənzimləyiciləri; a, b – güc axınının ölçülmə yeri

Şək. 4.12-də sistemlərarası elektrik veriliş xətti (W) ilə bağlanmış iki enerjisistemdən (I və II) ibarət birləşmiş enerjisistemin sxemi verilmişdir. Bu xətt üzrə güc axınları (P_c) enerjisistemdən xəttə istiqamətlənən zaman müsbət hesab edilir.



Şək. 4.12. Birləşmiş enerjisistemin struktur sxemi

Verilmiş enerjisistemin sistemlərarası elektrik veriliş xətləri üzrə bütün xarici güc axınlarının cəbri cəmi enerjisistemin güc axınlarının saldosu adlanır. Əgər saldo müsbət işarəlidirsə, enerjisistem artıq yükə, mənfidirsə defisit yükə malikdir.

I və II enerjisistemlərinin güclər balansı tənliyi normal f_0 tezliyində, güc axınının (P_c) göstərilən istiqamətində və W xəttində güc itkisi nəzərə alınmadıqda aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$\left.\begin{aligned} P_{gI} &= P_{yI} + P_c \\ P_{gII} &= P_{yII} - P_c \end{aligned}\right\} \tag{4.6}$$

BES-in güclər balansı tənliyi

$$\mathrm{P_{gI} + P_{gII} = P_{yI} + P_c + P_{yII} - P_c}$$

və yaxud

$$\mathrm{P_{gI} + P_{gII} = P_{yI} + P_{yII}}$$

yaxud, daha sadə olaraq, yazarıq:

$$\sum \mathrm{P_g} = \sum \mathrm{P_y} \tag{4.7}$$

(4.7) tənliyinə şək. 4.13-də verilən 1 nöqtəsi uyğun gəlir. Burada generatorlar tərəfindən generasiya olunan və yük tərəfindən istehlak olunan gücün tezlikdən asılılığını göstərən P_g və P_y tezlik xarakteristikaları kəsişirlər.

Hər bir enerjisistem güc balansından başqa (4.4) və (4.5) ifadələrinə müvafiq olaraq statizm və ya tezlik xarakteristikasının dikliyi ilə xarakterizə olunur.

Bu halda paralel işləyən generatorların tezlik xarakteristikalarının dikliyinin cəmi bütün generatorların tezlik xarakteristikalarının dikliyinin cəminə bərabərdir, yəni,

$$K_{t.g.BES} = \sum K_{t.g.}$$

Əgər enerjisistemin birində, məsələn, I enerjisistemində, generator qəflətən açılırsa, onda onun generasiya etdiyi güc ΔP_g qədər azalacaq və həm I enerjisistemində, həm də BES-də güc defisiti yaranacaq, belə ki, generasiya olunan gücün yeni qiyməti

$$P_{gI} - \Delta P_g < P_{yI} + P_c$$
$$\left(P_{gI} - \Delta P_g\right) + P_{gII} < P_{gI} + P_{gII}$$

kimi olacaq.

Yükün tənzimləmə effekti hesabına tezliyin aşağı düşməsi ilə onun tərəfindən istehlak olunan güc azalır. Eyni vaxtda turbinin fırlanma tezliyinin tənzimləyicisi işə düşür və onların işçi gücünü artırır.

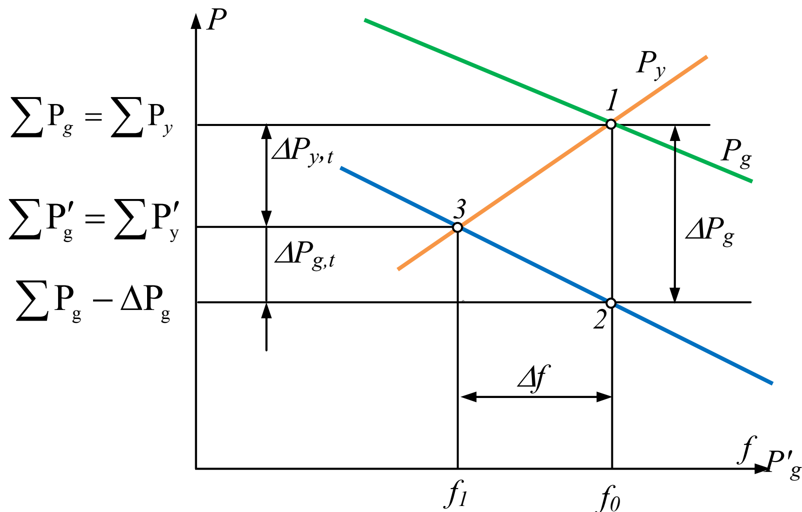
Bu iki proses qarşılıqlı inkişaf edərək BES-də yaranan generatorun gücü və yük tərəfindən istehlak olunan güc arasında olan uyğunsuzluğu azaldır. Bu o vaxta qədər davam edir ki, tezliyin yeni f_1 qiymətində balans təmin olunsun:

$$\sum P'_g = \sum P'_y \qquad (4.8)$$

burada, $P'_g = P_g - \Delta P_g + \Delta P_{g,t}$ və $P'_y = P_y - \Delta P_{y,t}$

Enerjisistemlər mexaniki ətalətə malik olduqlarından güc defisiti yaranan zaman tezlik ani dəyişə bilməz. Ona görə də ilk anda generatorların generasiya gücünün tezlik xarakteristikası ΔP_g kəmiyyəti qədər azalacaq (şək. 4.13-də P'_g düz xətti) və f_0 tezliyində turbinin gücünün yeni qiymətinə 2 nöqtəsi uyğun gələcək. BES-də generasiya və istehlak olunan güclər arasındakı qeyri-balans ilkin qeyri-balans adlanır, onun da yaranması BES-in bütün generatorlarının tormozlanmasına səbəb olur. Bunun da nəticəsi olaraq, BES-də tezliyin Δf qədər ümumi azalması aşağıdakı kimi alınır:

$$\Delta f = \frac{\Delta P_g}{K_{t,BES}}$$



Şək. 4.13. Balansın pozulması və bərpası zamanı enerjisistemdə tezliyin və gücün dəyişməsi prosesi

(4.8)-də verilən yeni güc balansına şək. 4.13-də verilən 3 nöqtəsi uyğun gəlir. Bu tənlikdə $\Delta P_{g,t}$ və $P_{y,t}$ – tezliyin $\Delta f = f_0 - f_1$ kəmiyyəti qədər aşağı düşməsi nəticəsində generatorların və yükün gücünün dəyişməsinin qərarlaşmış qiymətidir.

Generatorların və yükün gücünün yekun dəyişməsi, həm də tezlik xarakteristikasının dikliyi ilə təyin edilir:

$$\Delta P_t = K_{t,BES} \cdot \Delta f \qquad (4.9)$$

ΔP_t kəmiyyəti ΔP_g kəmiyyətindən fərqli olaraq ikinci qeyri-balansdır. Bu, hər bir enerjisistemdə və bütövlükdə BES-də birinci qeyri-balansın ΔP_g baş verməsi nəticəsində yaranır. Belə ki, BES-də generatorların və yükün güclər balansı yenidən təyin olunduğundan (f_0 tezliyində), müvafiq olaraq, ikinci qeyri-balans birinci qeyri-balansı tamamilə kompensasiya edir, yəni

$$\Delta P_t = -\Delta P_g$$

Yeni tezlikdə hər bir enerjisistem üçün güclər balansı aşağıdakı kimidir:

$$P_g + \Delta P_g + \Delta P_t = P_y + P_c + \Delta P_c \qquad (4.10)$$

burada, ΔP_c enerjisistemdən gələn güc axınlarının saldolarının dəyişməsini nəzərə alır.

(4.10) tənliyində $P_g = \Delta P_y + P_c$ nəzərə alsaq, yazarıq:

$$\Delta P_c = \Delta P_g + \Delta P_t \qquad (4.11)$$

(4.11) istifadəsi göstərir ki, verilmiş enerjisistemin xarici güc axınlarının dəyişməsi onun birinci və ikinci qeyri-balanslarının cəmi ilə təyin edilir. Bu zaman birinci qeyri-balans olmayan $(\Delta P_g = 0)$ enerjisistemdə güc axınlarının saldosunun dəyişməsi yalnız ikinci qeyri-balansdan asılıdır.

(4.9) ifadəsini nəzərə alaraq, (4.11)-i aşağıdakı kimi təqdim etmək olar:

$$\Delta P_g = \Delta P_c + K_t \Delta f$$

Bunlardan da güc axınlarının saldosunun meyletməsini (ΔP_c) tezliyin meyletməsi (Δf) ilə müqayisə edərkən, hansı enerjisistemdə birinci qeyri-balansın (ΔP_g) yarandığı, həmçinin onun qiyməti, aşağıda deyilənlərə əsaslanaraq, həm də hansı işarəyə malik olduğu aydın olur. Birinci qeyri-balans yaranan enerjisistemdə güc axınlarının və tezliyin saldolarının meyletməsi eyni işarəyə, lakin digər paralel işləyən enerjisistemlərdə müxtəlif

işarəyə malikdir. Ona görə də birinci halda $\Delta P_g \neq 0$, ikinci halda isə $\Delta P_g = 0$.

Bu xüsusiyyətdən istifadə edərək şək. 4.14-də göstərilmiş tezliyin və güc axınının kompleks avtomatik tənzimləmə sisteminin əsası qoyulmuşdur.

Hər bir enerjisistemdə tezliyin və güc axınlarının kombinə edilmiş tənzimləyicisi (TGKT) statizmli güc tənzimləyiciləri ilə tənzimləmə yerinə yetirilir. Onlar sistemlərarası elektrik veriliş xətləri üzrə güc axınlarının və tezliyin mövcud qiymətlərini ölçür və verilmiş qiymətlərlə müqayisə edərək meyletməni aşkar edir:

$$\Delta P_c = P_c - P_{c,ver} \quad \text{və} \quad \Delta f = f - f_{ver}$$

Bu ölçmələr əsasında və tənzimləyicidə tezlik xarakteristikasının dikliyinin ($K_{t,tənz}$) sazlanmasına müvafiq olaraq uyğun ikinci qeyri-balans və birinci qeyri-balans hasil edilir:

$$\Delta P_{g,tən} = \Delta P_c + K_{r,tənz} \Delta f$$

Sistemin düzgün işləməsi üçün tənzimləyicidə olan tezlik xarakteristikasının dikliyi uyğun enerjisistemin faktiki tezlik xarakteristikasının dikiliyinə bərabər olmalıdır, yəni:

$$K_{t,\,tənz} = K_t$$

Birinci qeyri-balans (ΔP_g) yaranan enerjisistemdə (məsələn, I enerjisistem) bu cür sazlama zamanı tənzimləyici tərəfindən hasil edilən qiymət:

$$\Delta P_{g,tən} = \Delta P_g = \Delta P_c + K_{t,I}\, \Delta f$$

və TGKT-I-in tənzimləyici elektrik stansiyalarının generatorlarının güc dəyişmələrinə təsiri birinci qeyri-balans tam kompensasiya olunana qədər ($\Delta P_g = 0$) davam edəcək.

Bu anda II enerjisistemdə tənzimləyicinin hasil etdiyi kəmiyyət belə olacaq:

$$\Delta P_{g,tən} = \Delta P_c - K_{t,II}\,\Delta f,$$

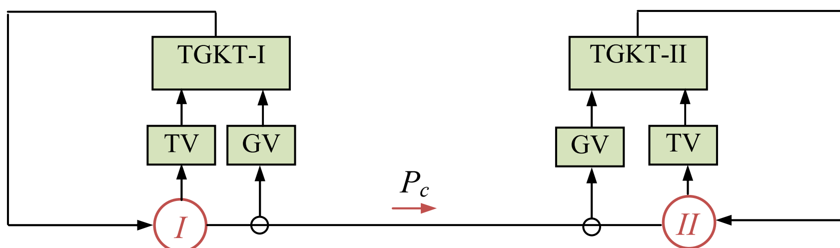
Lakin eyni zamanda,

$$K_{t,II} = \frac{\Delta P_c}{\Delta f},$$

olduğundan, onda

$$\Delta P_{g,tən} = \Delta P_c - \frac{\Delta P_c}{\Delta f}\cdot \Delta f = 0$$

və müvafiq olaraq, TGKT-II işləməyəcək.



Şək. 4.14. Tezliyin və güc axınlarının kompleks tənzimlənməsinin struktur sxemi

Beləliklə, yükün və ya generator gücünün dəyişməsi baş verən enerjisistemdə tənzimləyici rejimin bərpasına təsir edir.

Digər paralel işləyən enerjisistemlərdə $K_{tən} = K_t$ sazlanma şərti şəraitində tənzimləyicilər işləmirlər.

Tezliyin və güc axınlarının avtomatik tənzimləmə sisteminin (TGATS) əsasına planlaşdırılmış və planlaşdırılmamış güc dəyişmələrinin ayrı-ayrılıqda tənzimləmə prinsipi daxildir.

Planlaşdırılmış yükün paylanması hər bir elektrik stansiyasına gücün dəyişməsinin əvvəlcədən hesablanmış sutkalıq qrafikinin verilməsi yolu ilə yerinə yetirilir. Bu qrafiklər elektrik şəbəkələrində güc itkisini və elektrik stansiyasının iqtisadi xarakteristikasını nəzərə almaqla gücün optimal paylanmasını təmin edir.

Yükün planlaşdırılmış qrafiklərinin realizasiyası stansiyada gücün avtomatik tənzimləmə qurğuları ilə və ya işçi heyət tərəfindən əl ilə yerinə yetirilir.

Bununla eyni zamanda, tezliyin kobud tənzimlənməsi də təmin olunur. Lakin təxminən proqnozlaşdırılmış və tərtib edilmiş yük qrafikləri onun faktiki dəyişməsini təqribən əks etdirdiyindən, yaranmış müvəqqəti uyğunsuzluq tezliyin və güc axınlarının meyletməsinə gətirib çıxarır. Belə hallarda balansın bərpa olunması üçün elektrik stansiyalarının gücünün plandan kənar əlavə tənzimlənməsi tələb olunur.

Gücün plandan kənar dəyişməsinin tənzimləyici elektrik stansiyaları arasında tənzimlənməsi və paylanmasını mərkəzləşdirilmiş – pilləli sxem üzrə TGATS yerinə yetirir. Vahid enerji sistem (VES) və birləşmiş enerjisistemin (BES) yuxarı səviyyələrində mərkəzləşmiş sistemlər TGMATS VES və TGMATS BES (tezliyin və güc axınlarının mərkəzləşdirilmiş avtomatik tənzimləmə sistemi) fəaliyyət göstərir, enerjisistem və tənzimləyici elektrik stansiyası səviyyəsində isə TGATS işləyir.

Onlar arasında funksiyaların paylanmasını və qarşılıqlı əlaqəni aşağıdakılar təmin edir: onların izolə edilmiş işi zamanı VES-də və BES-də tezliyin astatik tənzimlənməsi; nəzarət olunan sistemlərarası elektrik veriliş xətləri üzrə güc axınlarının astatik tənzimlənməsi və məhdudlaşdırılması; İES-də yanacağın və HES-də su ehtiyatlarının rasional istifadəsi zamanı VES-in maksimal

qənaətli işinin təmin olunması məqsədi ilə güc dəyişməsinin enerjisistemlər, elektrik stansiyaları və aqreqatlar arasında paylanması.

Yoxlama sualları

1. Dəyişən cərəyan tezliyinin nominal qiyməti və onun buraxılabilən meyletmə qiymətləri hansılardır?
2. Tezliyin meyletməsinin elektrik avadanlıqlarının işinə hansı təsirləri vardır?
3. Tezliyin avtomatik tənzimlənməsinə ehtiyac nədən yaranır?
4. Tezliyin avtomatik tənzimlənməsinin əsas metodları hansılardır?
5. TAT-ın növləri və onların xarakteristikalarını izah edin.
6. Avtomatik tənzimlənmənin təyinatı və elektrik veriliş xətləri üzrə güc axınlarına qoyulan məhdudiyyətləri izah edin.
7. Tezliyin və güc axınlarının müştərək avtomatik tənzimlənməsinin prinsipləri nədən ibarətdir?
8. Gücün avtomatik tənzimləyiciləri hansı alqoritmlərlə işləyirlər?
9. Turbogeneratorun və hidrogeneratorun fırlanma tezliyinin tənzimlənməsi hansı xarakteristikalar üzrə aparılır?
10. Balansın pozulması zamanı sistemdə tezliyin dəyişmə prosesi necə baş verir?

FƏSIL 5. Avtomatik təkrarqoşma

5.1. ATQ-nin təyinatı

Elektrik veriliş xətlərinin çoxillik istismar təcrübəsi göstərir ki, naqillərin dolaşması, izolyasiyanın örtülməsi və digər səbəblərdən yaranan qısaqapanmaların bir hissəsi rele mühafizənin köməyilə xəttin cəld açılmaları zamanı öz-özünə aradan qalxır. Bu zaman qısaqapanma (q.q.) yerində yaranan elektrik qövsü hər hansı dağıntılar yaratmadan sönür. Belə öz-özünə aradan qalxan zədələnmələri dayanıqsız zədələnmələr adlandırmaq qəbul olunmuşdur.

Uzunmüddətli istismar dövründə elektrik veriliş xətlərinin zədələnmələri haqqında statik verilənlər onu göstərir ki, dayanıqsız zədələnmələrin payı böyükdür və 50-80 % təşkil edir [9].

EVX-yə baxış keçirməklə zədələnmə yerinin təyin edilməsinin çox vaxt tələb etdiyini və bir çox zədələnmələrin dayanıqsız xarakter daşıdığını nəzərə alsaq, adətən, qəzanın ləğvi zamanı operativ heyət xətti yoxlamaq üçün onun gərginlik altında əks qoşulmasını həyata keçirir. Açılan xətlərin gərginlik altında əks qoşulma əməliyyatı təkrarqoşma adlanır. Dayanıqsız zədələnmənin baş verdiyi xətt təkrarqoşma zamanı işdə qalır. Ona görə də, dayanıqsız zədələnmə zamanı təkrarqoşmanı müvəffəq qoşma adlandırırlar.

Xətlərdə nadir hallarda naqillərin, trosların və ya izolyator zəncirələrinin qırılmasına, dayaqların aşmasına və s. təsadüf olunur. Bu cür zədələnmələr öz-özünə bərpa olmur və ona görə də onlar dayanıqlı hesab edilir. Qısaqapanma nəticəsində dayanıqlı zədələnmənin baş verdiyi xəttin təkrar qoşulması zamanı xətt yenidən mühafizədən açılır. Ona görə də, dayanıqlı zədələnmə zamanı xəttin təkrar qoşulması qeyri-müvəffəq qoşulma adlanır.

Daimi operativ heyətli yarımstansiyalarda və yaxud teleidarə ilə təzhiz olunan obyektlərdə xətlərin qeyri-avtomatik təkrar qoşulması bir neçə dəqiqə vaxt aparır, lakin telemexanikləşdiril-

məmiş və daimi operativ heyəti olmayan yarımstansiyalarda bu, 0,5-1 saat və daha çox zaman tələb edir. Buna görə də xətlərin təkrar qoşulmasını sürətləndirmək və tələbatçıların elektrik təchizatındakı fasiləni azaltmaq məqsədilə xüsusi avtomatik təkrarqoşma (ATQ) qurğusu geniş tətbiq olunur. Adətən, ATQ-nın işləmə müddəti bir neçə saniyəni aşmır. Ona görə də müvəffəq qoşma zamanı tələbatçılara gərginliyin cəld verilməsi təmin olunur.

Elektrik qurğularının quraşdırılma Qaydalarına (EQQQ) əsasən, gərginliyi 1kV və yuxarı olan bütün hava və qarışıq (kabel-hava) xətləridə ATQ-nın tətbiqi mütləqdir. ATQ-nın müvəffəq işləmə ehtimalı yüksəkdir və müxtəlif gərginlikli şəbəkələrdə 50-90% təşkil edir. ATQ, həmçinin işçi heyətin səhvi nəticəsində açarın açılması və ya rele mühafizəsinin səhv işləməsi nəticəsində də normal sxemi bərpa edir.

Bir tərəfdən qidalanan xətlərdə ATQ-nın tətbiqi daha effektlidir, belə ki, ATQ-nın hər dəfə işləməsi tələbatçıların qidalanmasını bərpa edir və qəzanın qarşısını alır.

Dairəvi şəbəkələrdə xətlərdən birinin açılması tələbatçıların qidalanmasında fasilə yaratmır. Ancaq bu haıda da ATQ-nın tətbiqi məqsədəuyğundur, belə ki, qeyri-normal rejimin ləğvi sürətlənir, şəbəkənin normal sxemi bərpa olunur və daha etibarlı qənaətli iş rejimi təmin olunur.

İstismar təcrübəsi göstərir ki, dayanıqsız q.q. nəinki hava xətlərində, həm də yarımstansiyanın şinlərində də baş verir. Ona görə də şinləri cəld təsiredən mühafizə ilə təchiz olunmuş yarımstansiyalarda da ATQ tətbiq olunur ki, bunun nəticəsində şinin rele mühafizəsindən açılması zamanı ona təkrar gərginlik verilməsi təmin edilir. Şinin avtomatik təkrar qoşulması böyük effektliyə malikdir, belə ki, hər bir müvəffəq təkrarqoşma bütün yarımstansiyanı və ya onun hissələrini qəza açılmasından qoruyur.

Gücü 1000kVA və yuxarı olan bütün tək işləyən transformator və məsuliyyətli yükü qidalandıran aşağı güclü transformatorlar da ATQ qurğusu ilə təchiz olunurlar. Transformatorların avtomatik təkrar qoşulması onların maksimal cərəyan mühafizəsindən açılması zamanı baş verir. Transformatorun daxili zədə-

lənməsi nəticəsində mühafizədən açılması zamanı, bir qayda olaraq, onun təkrar qoşulması nəzərdə tutulmur. Transformatorların və şinlərin ATQ qurğusunun işləmə ehtimalı xətlərdə olduğu kimi yüksəkdir və 70-90% təşkil edir [12].

Bəzi hallarda ATQ qurğusu kabel və qarışıq kabel-hava 6-10kV-lıq tipik xətlərdə də müvəffəqiyyətlə istifadə edilir. Bu halda, kabeldə zədələnmələrin, bir qayda olaraq, dayanıqlı olmasına baxmayaraq, ATQ-nın işləmə ehtimalı 40-60% təşkil edir. ATQ-nın tətbiqi bəzi hallarda rele mühafizə sxeminin sadələşməsinə və yüksək gərginlikli şəbəkələrdə qısaqapanmadan açılmanın sürətlənməsinə imkan verir, bu da avtomatikanın bu növünün fərqləndirici keyfiyyətlərindəndir.

5.2. ATQ-nin təsnifatı. ATQ sxemlərinə qoyulan əsas tələblər

ATQ-nın aşağıdakı növləri istismarda tətbiqini tapmışdır: açarların rele mühafizəsindən açılmasından sonra onun üç fazasının qoşulmasını yerinə yetirən üçfazalı ATQ; bir fazalı qısaqapanma zamanı rele mühafizəsindən açılan açarın bir fazasının qoşulmasını yerinə yetirən birfazalaı ATQ; üç fazanın (fazalararası zədələnmə zamanı) və ya bir fazanın (bir fazalı q.q. zamanı) qoşulmasını yerinə yetirən kombinə edilmiş ATQ.

Üçfazalaı ATQ öz növbəsində bir neçə növlərə ayrılır: sadə (ÜATQ), cəldtəsirli (CATQ), gərginliyin olmasını yoxlamaqla (GY ATQ), sinxronizmi gözləyən (SG ATQ), sinxronizmi tutan (ST ATQ) və s.

ATQ-nın işləməsi ilə yenidən gərginlik verilən avadanlığın növünə görə o, aşağıdakı növlərə ayrılır: xətlərin ATQ-sı, şinlərin ATQ-sı, transformatorların ATQ-sı, mühərriklərin ATQ-sı.

İşləmə dəfəliyinə görə birdəfəli ATQ və çoxdəfəli ATQ qurğusu mövcuddur.

Xüsusi rele sxemlərinin köməyilə yerinə yetirilən ATQ qurğusu elektrik, yük və ya yay intiqallarında qurulmuş ATQ isə isə mexaniki ATQ adlanır.

Xətlərdə və digər avadanlıqlarda tətbiq edilən ATQ sxemləri konkret şərtlərdən asılı olaraq bir-birindən kəskin fərqlənə bilər. Lakin bu sxemlərin hamısı aşağıdakı əsas tələblərə cavab verməlidirlər:

1. ATQ sxemləri işdə olan açarın (açarların) qəza açılması zamanı onu işə qoşmalıdır. Bu hallarda ATQ sxemləri ATQ-nın işə düşməsinə icazə verən əlavə tələblərə cavab verməlidir: məsələn, gərginliyin olması və ya əksinə, olmaması zamanı, sinxronizmin olması zamanı, tezliyin bərpasından sonra və s.

2. Heyət tərəfindən açarın operativ açılması zamanı, həmçinin açar heyət tərəfindən qoşulduqdan sonra rele mühafizəsi tərəfindən açılması zamanı, yəni açarın q.q.-ya qoşulması zamanı (adətən, belə hallarda zədələnmə dayanıqlı olur) ATQ sxemləri işə düşməməlidir. ATQ sxemlərində ayrı-ayrı mühafizələrin işə düşməsi zamanı ATQ-nın işinə qadağanın qoyulması da nəzərdə tutulmalıdır. Məsələn, bir qayda olaraq, transformatorun daxili zədələnməsi halında onun ATQ qurğusunun işləməsinə yol verilmir. Ayrı-ayrı hallarda şinin diferensial mühafizəsinin işləməsi zamanı xəttin ATQ qurğusunun işləməsinə yol verilmir.

3. ATQ sxemləri müəyyən sayda, yəni verilmiş dəfəliklə təkrar qoşmanı təmin etməlidir. Ən çox yayılan bir dəfəli işləyən ATQ qurğularıdır. Eyni zamanda iki dəfə və bəzi hallarda üç dəfə işləyən ATQ-lərdən istifadə edilir.

4. Tələbatçılara tez bir zamanda gərginliyin verilməsini təmin etmək və normal iş rejimini bərpa etmək üçün ATQ-nın işləmə müddəti minimal olmalıdır. Bir tərəfdən qidalanan və ATQ olan xətlərdə ən kiçik dözmə müddəti 0,3-0,5 san. qəbul edilir [9]. ATQ-nın effektiv işləməsi üçün dözmə müddətinin böyük olması məqsədəuyğundur.

5. ATQ sxemləri açarın qoşulmasından sonra onun yenidən işləməyə hazır olması avtomatik təmin olunmalıdır.

5.3. Bir dəfəli işləyən ATQ

Avtomatikada geri qayıdan bir dəfə işləyən elektrik ATQ geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Çox zaman bu tip ATQ elektromexaniki icraata RPV-58 tipli komplekt qurğuların köməyilə yerinə yetirilir.

Açarı olan xətlər üçün ATQ-nın prinsipial sxemi şəkil 5.1-də verilmişdir [12]. RPV-58 komplekt qurğuşuna aşağıdakı aparatlar aiddir: rele dolağının termik dayanıqlığını təmin etmək üçün əlavə R_1 rezistorlu EV-133 tipli KT1 zaman relesi; paralel və ardıcıl iki dolaqlı KL1 aralıq relesi; ATQ-nın bir dəfə işləməsini təmin edən C kondensatoru (20 mkF); R_2 (1,1 MOm) və R_3 (510 Om) yük rezistorları.

Baxılan sxemdə açar ilə məsafədən idarəetmə SA idarəetmə açarıyla yerinə yetirilir ki, bu açarda sonuncu əməliyyatın vəziyyətinin fiksasiyası nəzərə alınmışdır. Ona görə də qoşulma əməliyyatından sonra açar “Qoşuludur” (Q2) vəziyyətində açılma əməliyyatından sonra isə “Açıqdır” (A2) vəziyyətində qalır. Açar qoşulu vəziyyətdə olduqda və idarəetmə açarı “Qoşuludur” vəziyyətindədirsə, C kondensatoruna açarın kontaktlarından keçən müsbət operativ cərəyan verilir, mənfi cərəyan isə R2 yük rezistorundan keçərək verilir. Bu zaman kondensator yüklənir və ATQ sxemi işə başlamaq üçün hazır vəziyyətində olur (şəkil 7.1).

Açarın və idarə açarınınqoşulu vəziyyətində “Açıqdır” vəziyyət relesi (KQT) cərəyanla əhatə olunmur və onun kontaktı ATQ-nın işəsalma dövrəsində açıqdır.

Açarın vəziyyətləri arasında uyğunsuzluq yaranması halında rele mühafizəsinin işləməsi zamanı ATQ-nın işləməsi baş verir. İdarəetmə açarının və açarın vəziyyətlərinin uyğunsuzluğu onunla xarakterizə olunur ki, açarın 1-3 kontaktlarından ATQ sxeminə əvvəlki kimi müsbət operativ cərəyan verilir, lakin əvvəldən açarın açıq köməkçi kontaktı (blok-kontakt) SQT çevrilir və KQT rele dolağının dövrəsini qapayır, bu da öz növbəsində işləyərək KT1 zaman relesinin dolağına “mənfi” verir.

Zaman relesi işləyən zaman rele dolağının dövrəsinə əlavə müqavimət (R1 rezistoru) daxil edilməklə, onun KT1.1 ani ayrılan kontaktı ayrılır. Bu, rele dolağında cərəyanın azalmasına səbəb olur ki, nəticədə uzun müddət cərəyan axması zamanı onun termiki möhkəmliyi təmin olunur.

Şək. 5.1. Açara malik xətt üçün bir dəfəli ATQ sxemi

Təyin olunmuş dözmə müddətindən sonra KT1.2 zaman relesi qapayıcı kontaktını qapayır və KL1 relesinin paralel dolağını C kondensatoruna qoşur. Bu halda KL1 relesi dolmuş kondensatorun cərəyanından işləyir və açarın qoşulması üçün impuls göndərir. KL1 relesinin ardıcıl dolağından istifadə edilməsiylə əlaqədar olaraq, açarın etibarlı qoşulması üçün impulsun lazımi davametmə müddəti təmin olunur, bu relenin paralel dolağı kondensatorun dolması zamanı qısa müddətə cərəyanla əhatə olunur. Açar qoşulur, onun SQT köməkçi kontaktı açılır və KQT, KL1 və KT1 releləri ilkin vəziyyətə qayıdırlar.

Əgər xətdə zədələnmə dayanıqsızdırsa, o işdə qalır. Zaman relesinin kontaktlarının açılmasından sonra C kondensatoru R2 yük rezistorundan dolur. Bu rezistorun müqaviməti elə seçilir ki, dolma müddəti 20-25 saniyə təşkil etsin. Beləliklə, təyin olunmuş vaxtdan sonra ATQ sxemi avtomatik olaraq yenidən işə hazırlanır.

Əgər zədələnmə dayanıqlıdırsa, açar yenidən mühafizədən açılır, KQT və KT1 releləri yenidən işləyir. Amma KL1 relesi, bu halda ikinci dəfə işləməyəcək, belə ki, C kondensatoru ATQ-nın birinci dəfə işləməsindən sonra boşalmışdır və yenidən dolmasına macal olmamışdır. Beləliklə, baxılan sxem xətlərdə dayanıqlı q.q. zamanı bir dəfə işləməni təmin edir.

Açarın operativ açılması zamanı idarəetmə açarı ilə heç bir uyğunsuzluq yaranmır və ATQ işləmir, belə ki, eyni vaxtda impulsun verilməsilə açarın 6-8 kontaktları ilə açarın açılması zamanı 1-3 kontaktları açılır və bunun vasitəsilə ATQ sxemindən müsbət operativ cərəyan çıxarılır. Ona görə də yalnız KQT relesi işləyir, KT1 və KL1 releləri isə işləmir. SA-nın 1-3 kontaktları ilə operativ cərəyanın çıxarılması zamanı bununla eyni vaxtda 2-4 kontaktları qapanır və C kondensatoru R3 müqavimətindən dolur. İdarəetmə açarı vasitəsilə açarın operativ qoşulmasıyla ATQ-nın işə hazırlığı C kondensatorunun 20-25 saniyəyə dolmasından sonra başlayır.

ATQ-nın işi tələb olunmayan halda xəttin RM mühafizəsindən açılması zamanı C kondensatorunun dolması R3 rezistorundan yerinə yetirilir.

Dayanıqlı qısaqapanmada açarın dəfələrlə qoşulmasının qarşısını almaq üçün idarəetmə sxemində (şəkil 5.1) xüsusi РП-232 tipli KL2 ikidolaqlı aralıq relesi quraşdırılır: işçi ardıcıl və saxlayıcı paralel. KL2 relesi açılan açarın sarğacı üzrə cərəyanın axması zamanı işləyir və qoşulma əmrinin ləğvinə qədər işlək vəziyyətdə saxlanılır. Bu halda KL dolağının dövrəsi açarın qoşulmasının qarşısını alan KL2 açıcı kontaktları ilə açılır.

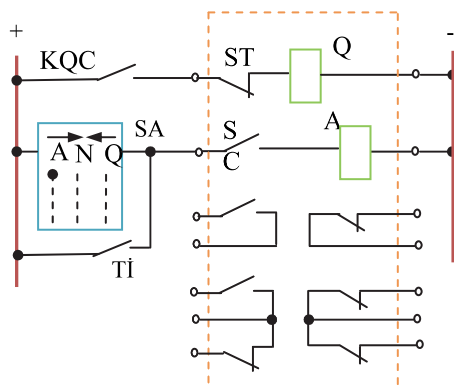
5.4. Telemexanikləşdirilmiş yarımstansiyalarda ATQ-nın yerinə yetirilmə xüsusiyyəti

Telemexanikləşdirilmiş yarımstansiyalarda açarlarla idarə etmək üçün PMOV və ya MKB tipli vəziyyəti fiksasiya etməyən idarəetmə açarlarından istifadə edilir, lakin əvvəlki idarəetmə əmrini yadda saxlamaq üçün əmrləri fiksasiya edən xüsusi rele nəzərdə tutulur. Yuxarıda göstərilən idarəetmə açarları üç vəziyyətə malikdir; "Qoşmaq", "Açmaq" və "Neytral". Açılma və qoşulma əməliyyatlarından sonra açar neytral vəziyyətə qayıdır.

Fiksasiya relesi kimi KL8 və KL11 tipli ikimövqeli aralıq releləri istifadə edilir. KL11 relesinin kontakt sisteminin və dolaqların qoşulma sxemi şək. 5.2-də verilmişdir.

KL11 (KL8) aralıq relesi Q və A dolaqlı iki elektromaqnitə malikdir ki, onların da arasında kontakt sistemlə əlaqəli lövbər yerləşir. Hər iki elektromaqnitin dolaqlarında cərəyan olmadıqda relenin lövbəri axırıncı cərəyan impulsunun hansı elektromaqnitə verilməyindən asılı olaraq ya sağ, ya da sol vəziyyətdə olur.

Elektromaqnitlərin dolaqları ilə ardıcıl olaraq bu relenin ST və SC köməkçi kontaktları qoşulur, ona görə də gərginlik yalnız işə hazır olan elektromaqnit dolağına verilə bilər. Bu dolağa gərginlik verilən zaman relenin lövbəri neytral vəziyyətdən keçərək və həm bloklanmış, həm də əsas kontaktları çevirir. Elektromaqnitlərin dolaqları uzunmüddətli cərəyan axması üçün bir müddətə köməkçi kontaktlarla işə qoşulur.



Şək. 5.2. KL11 tipli ikimövqeli aralıq relesinin dolaqlarının qoşulma sxemi

Açarın istənilən qoşulması zamanı "Qoşuludur" vəziyyət relesi (KQC) işə düşür və fiksasiya relesinin Q dolağına müsbət operativ cərəyan ötürür, bu zaman isə o işə düşür və öz kontaktlarını çevirərək "Qoşulma" əmrini qeyd edir, həmçinin A dolağının dövrəsini hazırlayır. Açar idarəetmə açarından və ya teleidarəetmə qurğusundan açılan zaman eyni vaxtda fiksasiya relesinin A dolağına müsbət operativ cərəyan verilir və bu halda yenidən öz kontaktlarını çevirərək "Açılma" əmrini qeyd edir, Q dolağının dövrəsini hazırlayır.

Beləliklə, açarın qoşulu vəziyyətində fiksasiya relesinin vəziyyəti həmişə açarın vəziyyətinə uyğun gəlir. Açarın bağlı vəziyyətində isə belə uyğunluq, yalnız açarın idarəetmə açarından və ya teleidarəetmə qurğusundan operativ açılması zamanı olur. Rele mühafizəsinin təsiri nəticəsində açarın açılması zamanı fiksasiya relesi "Qoşuludur" vəziyyətində qalır və bunun da nəticəsində ATQ-nın işə düşməsi üçün istifadə olunan açar və relenin vəziyyətləri arasında uyğunsuzluq yaranır.

Şək. 5.3-də açarlar (yağ, hava, eleqaz, vakuum və s. açarlar) üçün bir dəfəli işləyən elektrik ATQ sxemi verilmişdir. Bunun idarəetmə sxemi fiksasiyasız idarəetmə açarının və vəziyyəti fiksasiya edən iki mövqeli aralıq relesinin köməyi ilə yerinə yetirilir. Bu sxem həm teleidarəetmə olan yarımstansiyalarda, həm də teleidarəetmə olmayan yarımstansiyalarda tətbiq edilə bilər.

Göstərilən sxem açarın açıq vəziyyətindədir. Bu zaman SA açarı neytral vəziyyətdədir, fiksasiya relesi KQ "Açıqdır" vəziyyətindədir, KQT və KQC releləri öz dolaqlarının cərəyanı kəsilmiş halına uyğun vəziyyətdədir.

Açar qoşulan zaman fiksasiya relesi öz kontaktlarını çevirir, KQT relesi isə öz kontaktlarını açır.

Rele mühafizəsinin işləməsi zamanı açar açılır və onun SQ köməkçi kontaktı qapanır, lakin KQ relesi "Qoşuludur" vəziyyətində qalır. Nəticədə KQT relesi işə düşür və KQ1 fiksasiya relesindən keçərək, ATQ-ni işə salır.

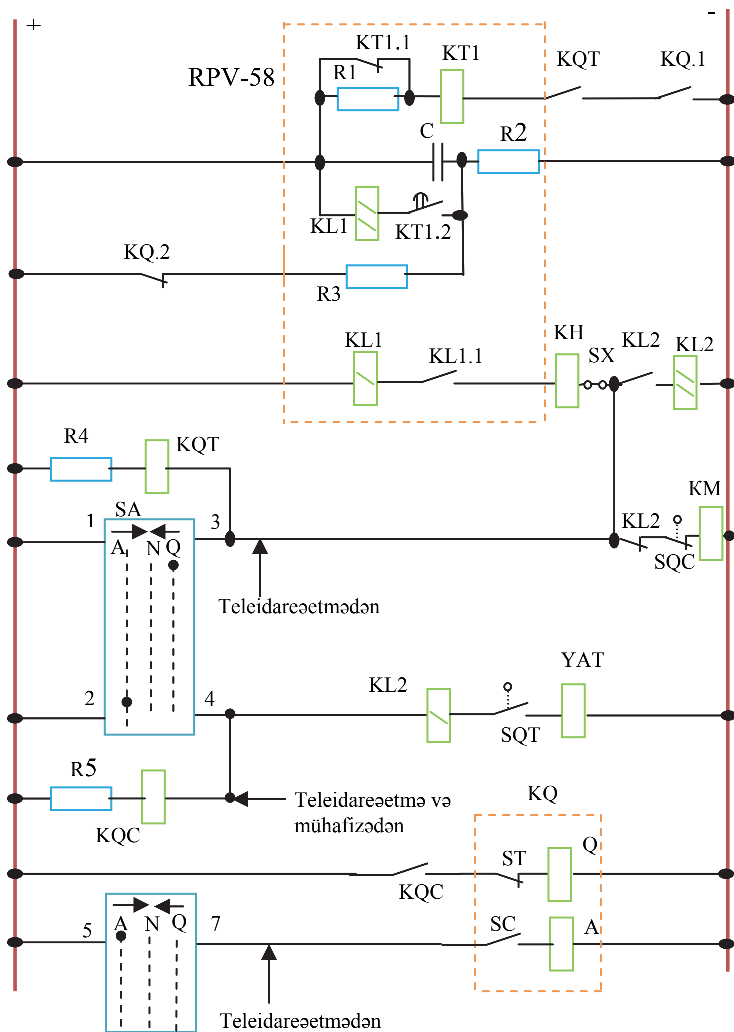
Təyin olunmuş dözmə müddəti bitdikdən sonra ATQ açarın açılması üçün impuls göndərir. Əgər zədələnmə dayanıqsızdırsa, onda açar qoşulu vəziyyətdə qalır.

Açarın SQT köməkçi kontaktı aralanır, ardınca isə KQT və KT1 relesi əvvəlki halına qayıdır. Zaman relesi qayıtdıqdan sonra C kondensatoru ATQ-nı yenidən işə hazırlayaraq dolmağa başlayacaq.

Əgər xətdə zədələnmə dayanıqlıdırsa, onda mühafizə yenidən işləyəcək və açarı açacaq. Yenidən KQT relesi və KT1 zaman relesi işə düşəcək, lakin ikinci dəfə təkrarqoşma baş verməyəcək.

Əgər açarın idarəetmə açarından və ya teleidarəetmə qurğusundan açılması əməliyyatı aparılırsa, onda açarın avtomatik qoşulması baş verməyəcək, belə ki, açarın açılan sarğacının dövrəsinin qapanması ilə eyni vaxtda fiksasiya relesinin dolağının dövrəsi də qapanır. Bu halda o öz kontaktlarını çevirir və növbəti əməliyyatları yerinə yetirir. Açarın növbəti qoşulması zamanı ATQ-nın işləməsinin qarşısını almaq üçün R3 rezistorundan keçməklə C kondensatorunun dolması KQ2 kontaktı ilə aparılır. Zaman re-

lesinin uzunmüddətə cərəyanla əhatə olunmasının qarşısını almaq üçün KQ1 kontaktı ilə ATQ-nın dövrəsi açılır, belə ki, açarın açıq vəziyyətində KQT relesi öz kontaktlarını qapalı saxlayır.



Şək. 5.3. Telemexanikləşdirilmiş yarımstansiyaların açarları olan xətləri üçün bir dəfəli işləyən elektrik ATQ sxemi

Fiksasiya relesinin köməkçi kontaktları eyni vaxtda A dolağını açır və Q dolağının dövrəsini açarın növbəti qoşulma əməliyyatı üçün hazırlayır. Açarın idarəetmə açarın (SA) və ya teleidarəetmə qurğusundan (TİQ) operativ qoşulması zamanı SQT köməkçi kontaktı KQC relesinin dövrəsini qapayır, bu zaman işə düşür və KQ relesinin Q dolağına impuls ötürür. KQ relesi öz kontaktlarını çevirərək, yenidən işləyir və aşağıdakı işləri görür: C kondensatorunun yük dövrəsi açılır və bu halda o, dolmağa başlayır, ATQ-nın işədüşmə dövrəsi və KQ relesinin A dolağı hazırlanır. Kondensatorun dolmasından 20-25 saniyə sonra ATQ avtomatik işə hazırlıq vəziyyətinə gətirilir.

5.5. Bir tərəfdən qidalanan xətlər üçün bir dəfəli ATQ-nın qoyuluş parametrinin seçilməsi

Açarın təkrar qoşulması üçün ATQ-nın dözmə müddəti iki şərt ilə təyin edilir:

1) Dözmə müddəti açarın intiqalının hazırlıq müddətindən çox olmamalıdır, yəni,

$$t_{1ATQ} \geq t_{in} + t_{eht} \tag{5.1}$$

burada, t_{in} -müxtəlif növ intiqallar üçün 0,2-1 saniyə həddində dəyişə bilən intiqalın hazırlıq müddəti; $\mathrm{t}_{\mathrm{eht}}$ - t_{in} -nın və ATQ-nın zaman relesinin xətasının qeyri-sabitliyini nəzərə alan ehtiyat müddətidir və 0,3-0,5 saniyəyə bərabər götürülür.

2) Təkrarqoşmanın müvəffəqiyyətli baş verməsi üçün xəttin açılmasından təkrar qoşulması və gərginliyin verilməsi anına qədər nəinki qısaqapanma yerində elektrik qövsü sönməlidir, həm də havanın izolyasiya xüsusiyyəti bərpa olunmalıdır. Deionizasiya adlanan, izolyasiyanın xüsusiyyətinin bərpası prosesi zaman tələb edir. Müvafiq olaraq, təkrarqoşmaya ATQ-nın dözmə müddəti deionizasiya müddətindən çox olmalıdır, yəni

$$t_{1ATQ} \geq t_d + t_{eht} \tag{5.2}$$

burada, t_d - deionizasiya müddətidir, t_d = 0,1-0,3san.

Tənzim qiyməti seçilən zaman t_{1ATQ} qiyməti (5.1) və (5.2) ifadələrindən alınmış qiymətdən böyük götürülməlidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, ikinci şərt bir qayda olaraq, açarın qoşulma müddətinin 0,3-1san. (yəni, deionizasiya üçün lazım olan müddətdən çox) təşkil edən zaman təmin olunur.

Bəzi hallarda dözmə müddəti (5.1) və (5.2) ifadələrindən alınmış qiymətdən təxminən 2-3 saniyə artıq götürülür, bu halda tez-tez qəza baş verən xətlərdə (ağacların aşması və hərəkət edən mexanizmlərlə naqillərə toxunması nəticəsində) ATQ-nın müvəffəq işləmə imkanı artır.

ATQ-nın avtomatik olaraq, əvvəlki vəziyyətinə qayıtma müddəti onun bir dəfə işləməsinin təmin olunması şərtindən seçilir. Bunun üçün dayanıqlı qısaqapanmaya təkrarqoşma zamanı ATQ-nın ilkin vəziyyətə qayıtması, yalnız ATQ-dan təkrar qoşulan açarın rele mühafizəsindən yenidən açılması zamanı baş verir (hansı ki, böyük dözmə müddətinə malikdir).

KQC-58 tipli komplekt qurğusunun tətbiqi ilə yuxarıda göstərilən ATQ sxemlərində dözmə müddəti göstərilən ifadənin qiymətindən az olmamalıdır:

$$t_{2\,ATQ} \geq t_{müd} + t_{aç} + t_{eht} \qquad (5.3)$$

burada, $t_{müd}$ – mühafizənin ən böyük dözmə müddəti; $t_{aç}$ - açarın açılma müddətidir.

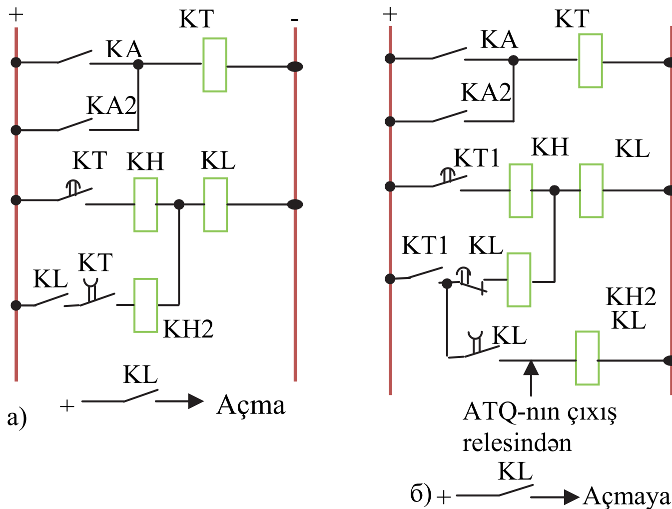
Adətən, RPV-58 qurğusunun kondensatorunun dolma müddəti 20-25 saniyə təşkil edir və bir qayda olaraq (5.3) ifadəsini ödəyir.

5.6. ATQ zamanı rele mühafizəsinin işinin sürətləndirilməsi

5.6.1. ATQ-dan sonra mühafizənin sürətləndirilməsi

Enerjisistemin və tələbatçıların işinin etibarlığını artırmaq üçün ATQ-nın işləməsi zamanı mühafizənin avtomatik sürətləndirilməsi tətbiq edilir.

ATQ-dan sonra mühafizənin sürətləndirilməsi, bütövlükdə xəttin mühafizəsinin etibarlığını artırmaq məqsədilə, nəinki cəldtəsiredən mühafizəyə malik olmayan xətlər üçün, həm də mürəkkəb cəldtəsiredən mühafizəyə malik xətlər üçün direktiv materiallarda nəzərdə tutulur.



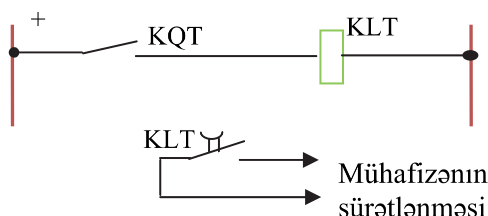
Şək. 5.4. Mühafizənin işinin sürətləndirilməsi sxemi
a – ATQ-dən sonra; b – ATQ-yə qədər

Şək. 5.4, a-da ATQ-dan sonra mühafizənin sürətləndirilməsinin yerinə yetirilmə sxemi göstərilmişdir. Sürətləndirilmiş dövrə sürətləndirmənin aralıq relesinin (KLT) kontaktı ilə normal

qapanmışdır (şək. 5.1) və 0,7-1 saniyə ərzində öz kontaktlarını qapalı saxlayır. Ona görə də əgər təkrarqoşma dayanıqlı qısaqapanmaya işləyirsə, onda mühafizə KLT relesinin kontaktından və KT1.1 zaman relesinin ani kontaktından keçərək dövrə boyunca dözmə müddətsiz ikinci dəfə işləyir. Sürətləndirmə relesi kimi RP-252 tipli reledən istifadə edilir.

Sürətləndirmənin aralıq relesinin işə salınması üçün şək. 5.1-də verilən sxemlə yanaşı, şəkil 5.5 təsvir olunan sxem də tətbiq edilir. Açarın açılması zamanı "Açıqdır" vəziyyət relesi (KQT) işə düşür və yuxarıda göstərilənlərdən başqa KLT rele dolağının dövrəsində kontaktları da qapayır, bu da öz növbəsində işə düşərək sürətlənmə dövrəsini qapayır. Açarın qoşulmasına əmr verilən zaman KQT relesi qayıdır və KLT rele dolağından müsbəti çıxarır. Lakin sonuncu 0,7-1 saniyə gecikir ki, bu da dayanıqlı q.q. zamanı açarın qoşulmasında sürətlənmə dövrəsi üzrə mühafizənin işləməsi üçün kifayət edir.

Mühafizənin sürətlənməsi üçün bilavasitə KQT relesinin kontaktlarından istifadə edilə bilər. Bu halda xüsusi sürətlənmə relesi tətbiq edilmir, KQT relesi kimi isə RP-252 tipli rele nəzərdə tutulur.



Şək. 5.5. "Açıqdır" vəziyyət relesi kontaktlarından sürətlənmə relesinin işə salınması

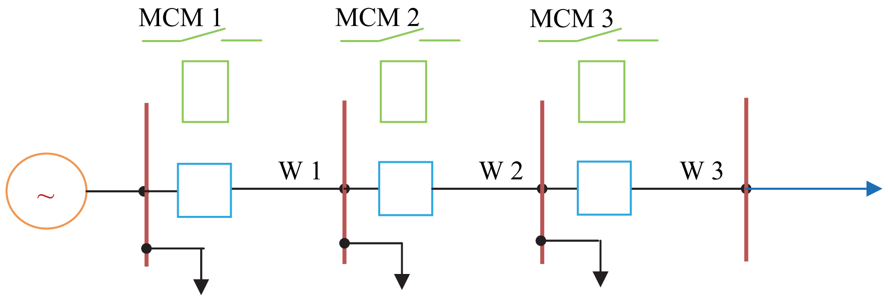
Şək. 5.5-də verilən sxem açarın istənilən qoşulması zamanı istər ATQ-dən, istərsə də idarəetmə açarından mühafizənin sürətlənməsini təmin edir. Bununla yanaşı istismarda sürətlənmə rele-

sinin köməyi ilə sürətləndirmə sxemi tətbiq edilir. Lakin belə sxemlər yuxarıda verilənlərlə müqayisədə az etibarlıdır və açarın operativ qoşulması zamanı mühafizənin sürətlənməsini təmin etmir.

5.6.2. ATQ-yə qədər mühafizənin sürətlənməsi

ATQ-yə qədər mühafizənin sürətlənməsi q.q.-nın açılmasının sürətlənməsinə imkan verir və zədələnmələrin selektiv ləğvini təmin edir. Şək. 5.6-da verilən şəbəkədə W1 xəttində qoyulmuş MCM1 maksimal cərəyan mühafizəsinin dözmə müddəti selektivlik şərtinə görə W2 və W3 xətlərində olan MCM2 və MCM3 maksimal cərəyan mühafizələrinin dözmə müddətindən böyük olmalıdır. Dözmə müddəti ilə q.q.-nın açılması tələbatçıların işinin pozulmasına səbəb olur və ATQ-nın işləmə qabiliyyətini aşağı salır. Mürəkkəb mühafizə tətbiq edilmədən W1 xəttində zədələnmədən tez açılmasını təmin edən üsullardan biri də bu xəttin ATQ-yə qədər maksimal cərəyan mühafizəsinin sürətləndirilməsidir. Bu məqsədlə MCM1 mühafizəsi elə yerinə yetirilir ki, W1, W2, W3 xətlərində q.q. baş verən zaman, q.q.-nın hansı xətdə baş verdiyindən asılı olmayaraq, birinci dəfə dözmə müddətsiz təsir edir, lakin sonra ATQ normal dözmə müddəti ilə təsir edir. Bu halda mühafizənin və ATQ-nın işi aşağıdakı kimi baş verir. W1 xəttində q.q. baş verdikdə sürətlənmə dövrəsi boyunca MCM1 mühafizəsi işə düşür və dözmə müddətsiz bu xətti açır. Zədələnmə aradan qaldırıldıqda, ATQ-dən sonra xətt işdə qalır, əgər zədələnmə dayanıqlıdırsa, dözmə müddəti ilə xətt yenidən açılacaq.

W2 xəttində q.q. zamanı sürətlənmə dövrəsi boyunca dözmə müddətsiz MCM1 mühafizəsi ilə W1 xəttinin qeyri-sellektiv açılması baş verir. Sonra W1 xətti ATQ ilə əksinə qoşulur. Əgər W2 xəttində zədələnmə dayanıqlıdırsa, onda bu xətt özünün MCM2 mühafizəsi ilə açılır, W1 xətti işdə qalır, belə ki, ATQ-dan sonra MCM1 mühafizəsi normal selektiv dözmə müddəti ilə işə başlayır.



Şək. 5.6. Bir tərəfdən qidalanan şəbəkənin bir hissəsi

ATQ-yə qədər mühafizənin sürətlənməsini yerinə yetirən zaman sürətlənmə relesinin işə düşməsi ATQ-nın çıxış relesinin işə düşməsi halında baş verir (şək. 5.4,b). KLT relesinin bu halda ayrılan kontaktlarından istifadə edilir.

Şək. 5.4,b-də verilən sxemdə sürətlənmə dövrəsi ATQ-yə qədər qapalı qalacaq və açarın açılmasına ATQ-nın təsiri zamanı ayrılacaq. Bu zaman KLT relesi q.q. aradan qalxana qədər və mühafizə relesinin kontaktlarının ayrılmasına qədər işləyən vəziyyətdə dayanacaq.

5.7. İki dəfəli işləyən ATQ

İkidəfəli işləyən ATQ-nın tətbiqi bu növ avtomatikanın effektliyini artırmağa imkan verir. İstismar təcrübəsi göstərir ki, ikinci qoşulma zamanı işləmənin müvəffəqiyyəti 10-20% təşkil edir ki, bu da ATQ-nın ümumi işinin müvəffəqliyini 75-95%-ə qədər artırır [9]. Bir qayda olaraq, ikidəfəli işləyən ATQ bir tərəfdən qidalanan xətlərdə və bir tərəfdən qidalanma rejimində işləməsi mümkün olan dairəvi şəbəkinin baş hissəsində tətbiq edilir.

Şəkil 5.7-də açarlar quraşdırılıan xətlər üçün RPV-258 tipli komplekt qurğusu olan ikidəfəli işləyən ATQ sxemi göstərilmişdir. Yuxarıda göstərilən RPV-58 qurğusundan fərqli olaraq, RPV-258 iki C1 və C2 kondensatoruna və KT1 zaman relesinə malik-

dir. Bu zaman relesinin üç kontaktı vardır: KT1.1, dözmə müddətsiz ayrılan, dözmə müddətli qapanan iki kontakt (müvəqqəti qapanan KT1.2 və daimi qapanan KT1.3).

İkidəfəli işləyən ATQ sxeminin işə düşməsi də birdəfəli işləyən ATQ sxeminə analojidir, yəni açarın açılması zamanı işə düşən KQT rele kontaktları ilə zaman relesinin dolağına "mənfi" ötürür. Təyin olunmuş dözmə müddətindən sonra KT1.2 zaman relesinin kontaktı qapanır və işləyərək açarı qoşan KL aralıq relesinin dolağına C1 kondensatorunun dolması üçün dövrə yaradır.

ATQ müvəffəq işlədikdən sonra sxemin işi dayanır, belə ki, açarın qoşulmasından sonra KL relesi ilkin vəziyyətə qayıdır.

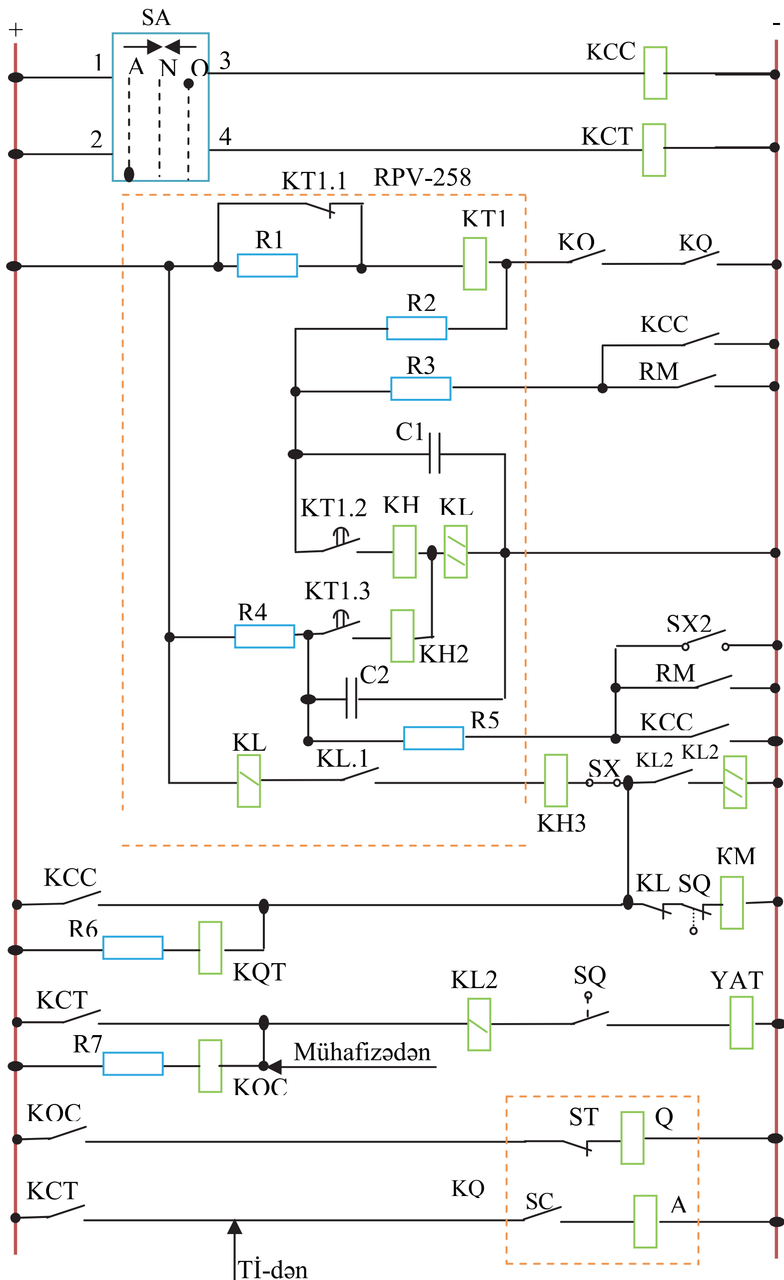
Əgər ATQ uğursuz olarsa və açar yenidən açılarsa, KQT relesi yenidən işləyəcək və zaman relesini işə buraxacaq. Bu halda KT1.2 kontaktlarının qapanması zamanı C1 kondensatoru hələ dolmadığından KL aralıq relesi işə düşməyəcək.

Zaman relesi işini davam etdirərək KT1.3 kontaktını qapayacaq. Bu halda C2 kondensatorunun dolmasının təsiri altında KL aralıq relesi yenidən işə düşəcək və ATQ-nın ikinci dövrü baş tutacaq. Sxemdə idarəetmə açarının təkrarlayıcı-relesi istifadə edilir: KCT – "Açma" əmrini yerinə yetirən rele və KCC - "Qoşma" əmrini yerinə yetirən rele.

Açarın mühafizədən açılması zamanı ATQ-nın işləməsinin qarşısını almaq üçün onun idarəetmə açarı ilə qısaqapanmaya qoşulmasından sonra şək. 5.7-də verilmiş sxemdə KCC qapanan kontaktlardan və R3, R5 rezistorlarından keçərək, C1, C2 kondensatorlarının doldurulması yerinə yetirilir.

ATQ-nın işədüşmə dövrəsinə fiksasiya relesinin (KQ) kontaktları ilə nəzarət olunur və yuxarıda qeyd edilən ardıcıllıqla işləyir.

ATQ-nın işi göstərici rele ilə siqnallaşdırılır: KH1-birinci dövr; KH2-ikinci dövr; KH3-ATQ-nın işə düşməsi. ATQ-nın işinə qadağa RM mühafizə relesinin kontaktları ilə yerinə yetirilir. Sxemdə iki ayırıcı qurğu nəzərdə tutulmuşdur: SX1-ATQ sxemini tamamilə işdən çıxaran və SX2-ATQ-nın ikinci dövrünü istisna edən.



Şək. 5.7. Açara malik xətt üçün RPV-258 komplekt qurğusu olan iki dəfəli işləyən elektrik ATQ

ATQ-nın birinci dövrünün dözmə müddəti (5.1) və (5.2) ifadələrinə görə təyin edilir. İkinci dövr açarın ikinci açılmasından 10-20 saniyə sonra baş verir. ATQ-nın ikinci dövründə belə böyük dözmə müddətinə malik olması, açarın baş verə biləcək üçüncü qısaqapanmaya açılmasına hazırlıq məqsədilədir. Bu müddət ərzində qövssöndürücü kameradan parçalanan hissəciklər təmizlənir, kamera yenidən yağ ilə doldurulur və açarın açma qabiliyyəti bərpa edilir.

ATQ-nın dəfələrlə işləməsinin qarşısını almaq üçün C1 və C2 kondensatorlarının (R2 və R4 rezistorlarından) dolma müddəti ATQ-nın hər iki dövrünün dözmə müddətini aşmalıdır. ATQ-nin zavod komplektində ikinci dövrdən sonra növbəti işləməyə hazırlıq müddəti 60-100 saniyə təşkil edir [9].

5.8. İki tərəfdən qidalanan xətlərdə üçfazalı ATQ

a) Ümumi məlumat

İki tərəfdən qidalanan xətlərin avtomatik təkrar qoşulması xəttin hər iki tərəfində gərginliyin olması ilə təyin olunan bir neçə xüsusiyyətə malikdir. Birinci xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, xəttin ATQ-si onun hər iki tərəfdən açılmasından sonra aparılır. Bu, zədələnmə yerində hava aralığının deionizasiyası üçün vacibdir. Ona görə də iki tərəfdən qidalanan xətlərdə ATQ-nin dözmə müddətinin seçilməsi zamanı (5.1) və (5.2) ifadəsindən başqa, üçüncü şərti də nəzərə almaq lazımdır.

$$t_{ATQ1} = t_{müh2} - t_{müh1} + t_{aч2} - t_{aч1} + t_d - t_{Q1} + t_{eht} \qquad (5.4)$$

burada, $t_{müh1}$, $t_{aç1}$, t_{Q1} - mühafizənin ən kiçik dözmə müddəti, ATQ-nin dözmə müddətinin seçildiyi xəttin sonunda (indeks 1) açarın açılması və qoşulması; $t_{müh2}$, $t_{aç2}$ –mühafizənin ikinci pilləsinin dözmə müddəti və xəttin əks tərəfində (indeks 2) açarın

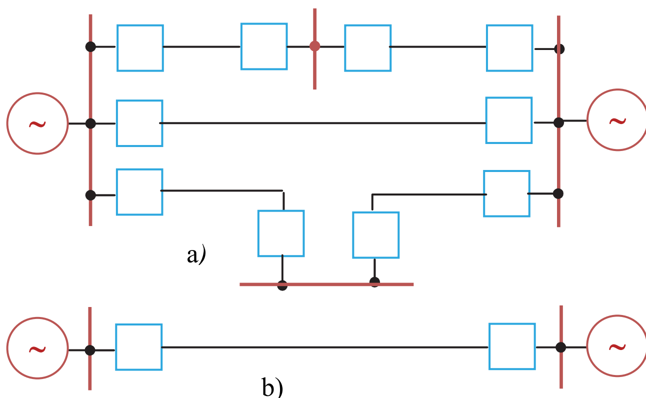
açılma vaxtı; t_d –mühitin deionizasiya vaxtı; t_{eht} – ATQ qurğusunun və mühafizənin zaman relesinin xətasını nəzərə alan zaman üzrə əlavə ehtiyat, 0,5-0,7 saniyəyə bərabər qəbul edilir.

Sadələşdirmək məqsədilə $t_{aç1}=t_{aç2}$ və $t_{müh1}=0$ qəbul edərək, ATQ-nin dözmə müddətinin təyini üçün sadə ifadə alınır:

$$t_{ATQ1} = t_{müh2} + t_d - t_{Q1} + t_{eht} \qquad (5.5)$$

Əgər mühafizənin ikinci pilləsi baxılan xəttin sonunda zədələnmə zamanı etibarlığı kifayət qədər təmin etmirsə (həssaslıq əmsalı $K_h \geq 1,3 \div 1,4$), onda (5.4) və (5.5) ifadələrinə mühafizələrin üçüncü pilləsinə dözmə müddəti əlavə etmək lazımdır.

Xəttin hər iki sonu üçün ATQ-nin dözmə müddət (5.1), (5.2), (5.4) (və ya (5.5)) ifadələrinə görə hesablanır və alınan üç qiymətdən ən böyüyü qəbul edilir.



Şəkil 5.8. Enejisistemin iki hissəsi arasında əlaqə sxemi:

a - üç xətt ilə; b - bir xətt ilə
a - üç xətt ilə; b - bir xətt ilə

İki tərəfdən qidalanan xətlərdə ATQ-nın tətbiqinin ikinci xüsusiyyəti onunla təyin olunur ki, xəttin müvəffəq qoşulması, açılan xəttin hər iki ucunda gərginlik olduğundan cərəyan və aktiv gücün kəskin sıçrayışları ilə müşahidə olunur.

İki elektrik stansiyası və yaxud enerjisistemin iki hissəsi bir neçə xətlə əlaqəli olan hallarda (şək. 5.8) onlardan birinin açılması sinxronizmin və açılan xəttin ucları boyunca gərginlik bucağının və qiymətinin pozulmasına gətirib çıxarmır. Bu halda avtomatik təkrarqoşma bərabərləşdirici cərəyanın kəskin sıçrayışları ilə müşahidə olunmayacaq.

Bəzi hallarda bir ucda quraşdırılmış sadə ATQ-yə xətdə gərginliyin olmasına nəzarət edən qurğu da əlavə edilir. Bunun sayəsində ATQ-dən dayanıqlı qısaqapanmaya qoşulma həmin tərəfdən bir dəfə aparılır (xətdə gərginliyə nəzarət qurğusunun olmadığı halda).

Gərginliyə nəzarət olunan tərəfdən açarın qoşulması o vaxt baş verəcək ki, orada zədələnmə aradan qaldırılsın və əks tərəfdən qoşulmuş xətt gərginliyi saxlansın.

Xəttin əks tərəfində gərginlik altında olan, gərginliyin olmasına nəzarət edən ATQ işləyən zaman tranzitə qapanır, t_{ATQ1} dözmə müddətinin seçilməsi zamanı $(t_d - t_{Q1})$ təşkiledicisini nəzərə almamaq olar və (5.4), (5.5) şərtləri aşağıdakı şəkil alır:

$$t_{ATQ1} = t_{müh2} - t_{müh1} + t_{aч2} - t_{aч1} + t_{eht} \tag{5.5, a}$$

$$t_{ATQ1} = t_{müh2} + t_{eht} \tag{5.5, b}$$

Enerjisistemin iki hissəsi arasında sinxronizm pozulmayıbsa, iki tərəfdən qidalanan xətlərin ATQ ilə qoşulması zamanı qoşulma anında aktiv gücün sıçrayışları ilə yaranan sinxron yırğalanma baş verə bilər. Sinxron yırğalanma dedikdə, 180^0-ni aşmayan e.h.q.-lər arasında bucağın periodik rəqsləri nəzərdə tutulur. Adətən, sinxron yırğalanma böyük bucaq rəqsləri ilə müşahidə olunmur və tez sönür.

Əgər iki elektrik stansiyası və ya enerjisistemin iki hissəsi şək. 5.8,b-də göstərildiyi kimi vahid elektrik veriliş xətti ilə əlaqəlidirsə, onda bu xəttin hər dəfə açılması enerjisistemin ayrılmış hissələrini qeyri-sinxron işə gətirir.

İki tərəfdən qidalanan xətlər üçün çoxlu sayda müxtəlif növ üçfazalı ATQ işlənib hazırlanmış və istismara buraxılmışdır ki, onları da üç qrupa bölmək olar:

- enerjisistemin ayrılmış hissələrinin qeyri-sinxron qoşulmasına icazə verən qurğu – qeyri-sinxron ATQ (QSATQ);
- açılan xətlərin uclarında gərginlik sinxron olarsa və ya bu gərginliklərin tezliklər fərqi böyük deyilsə, yəni şərtlər sinxronluğa yaxındırsa, bu halda ATQ-yə icazə verən qurğu – cəldtəsirli ATQ (CATQ), sinxronizmi gözləyən ATQ (SGATQ) və s.;
- qeyri-sinxron gərginlik mənbələrinin (generatorlar və ya sinxron kompensatorlar) açılmasından sonra ATQ yerinə yetirən qurğu – öz-özünə sinxronizmləşən ATQ (ÖSATQ).
-

b) Qeyri-sinxron ATQ

Qeyri-sinxron ATQ enerjisistemin ayrılmış hissələrinin, onların gərginliklərinin tezliklər fərqindən asılı olmayaraq qoşulmasına icazə verən ən sadə qurğudur. ATQ sxemi, əlavə bloklama aparılmadan yuxarıda göstərildiyi kimi yerinə yetirilir. Xəttin hər iki ucundan dayanıqlı q.q.-ya qoşulmanın qarşısını almaq üçün, həmçinin qeyri-sinxron ATQ zamanı rele mühafizəsinin düzgün işini təmin etmək üçün ATQ xəttin bir tərəfindən, bəzən orada gərginliyin olmasına nəzarət ilə yerinə yetirilir.

Qeyri-sinxron ATQ-nın müvəffəq işləməsindən sonra xətlərin qoşulması cərəyanın və aktiv gücün nisbətən böyük təkanları ilə, həmçinin az və ya çox sürən yırğalanma ilə müşahidə olunur.

Adətən, qeyri-sinxron ATQ-dan sonra enerjisistemin iki hissəsinin və ya elektrik stansiyasının enerjisistem ilə sinxronlaş-

ması baş verir. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, qeyri-sinxron ATQ böyük cərəyan təkanları və gərginliyin aşağı düşməsi ilə, asinxron gediş və sinxron yırğalanma ilə müşahidə olunur ki, bu zaman rele mühafizəsinin səhvən işləməsi üçün şərait yaranır. Ona görə də enerjisistemin iki qoşulan hissəsini birləşdirən tranzit xətlərdə quraşdırılan mühafizənin işini analiz etmək vacibdir.

v) Cəldtəsirli ATQ

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi enerjisistemin iki hissəsini birləşdirən vahid xəttin açılmasından sonra, onların birində generatorun işi sürətlənir, lakin digərində isə tormozlanır. Bunun nəticəsi olaraq, açılan xətlərin uclarındakı gərginliklər arasında bucaq daha çox böyüyür. Bu proses ani baş vermir, bir neçə dəqiqə ərzində baş verir, yəni enerjisistemin ayrılmış hissələrində maşının mexaniki inersiyası nə qədər çoxdursa və xəttin açılmasına qədər xətt üzrə ötürülən güc nə qədər azdırsa proses davam edir.

Cəldtəsirli ATQ-nın (CATQ) iş prinsipi ondan ibarətdir ki, açarların açılmasından sonra tez bir zamanda onları hər iki tətəfdən təkrar qoşur, belə ki, cərəyansız fasilə adlanan müddət ərzində gərginliklər arasındakı bucaq gərək çox artmasın. Bu halda xətlərin qoşulması böyük cərəyan təkanları və uzunmüddətli yırğalanma olmadan baş verir.

Cəldtəsirli ATQ-nın müvəffəq işləməsi üçün (5.2) və (5.4) şərtləri ödənməlidir. Çünki hava açarlarının qoşulma müddəti 0,2-0,3 saniyə təşkil edir. Mühitin deionizasiyası cəldtəsiredən ATQ-nın dözmə müddəti olmayan və ya 0,1-0,2 saniyə dözmə müddəti ilə işləməsi zamanı təmin olunacaqdır.

Cəldtəsirli ATQ-nın müvəffəq işləməsi o zaman təmin olur ki, qısaqapanma 0,1-0,2 saniyə ərzində sönmüş olsun. Zədələnmə nə qədər gec açılarsa, bu halda EHQ bir o qədər böyük bucağa malik olur. Ona görə də cəldtəsirli ATQ cəldtəsirli mühafizə ilə təchiz olunan xətlərdə tətbiq edilir.

Cəldtəsirli ATQ-nın üstünlüyü sxemin sadəliyi və işin yüksək effektliyidir. Bu da uzunmüddətli yırğalanma olmadan və kiçik cərəyan təkanları ilə paralel işin bərpasını təmin edir.

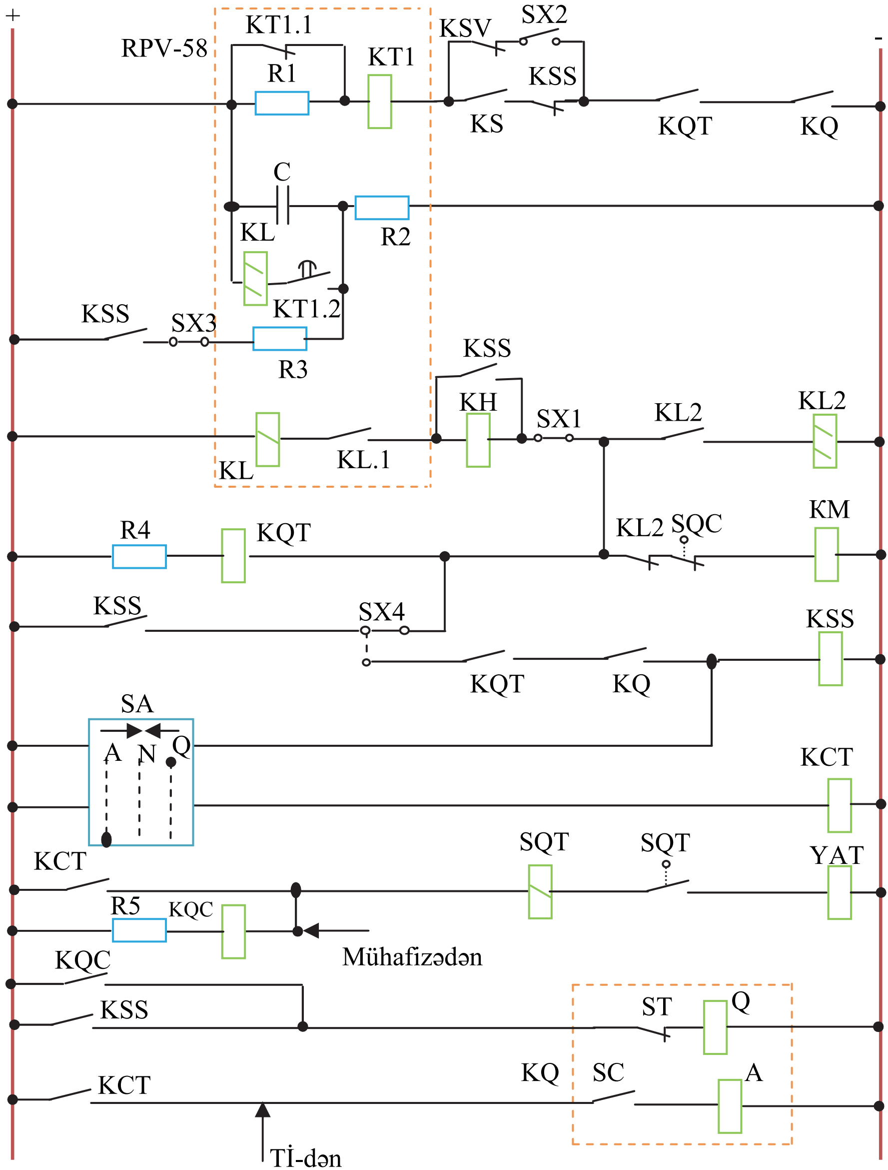
Həm cəldtəsirli ATQ, həm də qeyri-sinxron ATQ zamanı qoşma anında, həmçinin növbəti yırğalanmalarda məsafə və cərəyan mühafizəsinin səhv işləməsini istisna edən tədbirlər nəzərdə tutulmalıdır.

q) Sinxronizmi gözləyən avtomatik təkrarqoşma

Sinxronizmi gözləyən ATQ-nin iş prinsipi ondan ibarətdir ki, açılan xətlərin uclarında gərginlik sinxron və ya sinxrona yaxın olan zaman, lakin gərginliklər arasındakı bucaq müəyyən edilmiş qiyməti aşmadığı halda, enerjisistemin ayrılmış hissələrinin qoşulmasına icazə verilir. Açılan xətlərin uclarında gərginlik sinxrondursa, sinxronizmi gözləyən ATQ onlar arasındakı bucağa nəzarət edir və əgər bucaq böyük deyilsə, qoşulma böyük cərəyan təkanları ilə müşahidə olunmursa, xəttin qoşulmasını yerinə yetirəcək. Gərginlik qeyri-sinxrondursa, sinxronizmi gözləyən ATQ xətti tranzitə qapayır (əgər tezlik fərqi böyük deyilsə və qoşulma böyük cərəyan təkanları ilə və uzunmüddətli yırğalanma ilə müşahidə olunmursa).

Əgər xəttin uclarında gərginlik qeyri-sinxrondursa və tezliklər fərqi həddən artıq böyükdürsə, bu halda sinxronizmi gözləyən ATQ sxemi enerjisistemin ayrılmış hissələri arasında sinxronizmin bərpasına qədər və ya tezliklər fərqi o qədər də böyük olmayan hala qədər gözləyəcək.

Sinxronizmi gözləyən ATQ-nin sxemi şək. 5.9-da verilmişdir. Bu sxem yuxarıda verilmiş ATQ sxemindən iki əlavə relenin olmasına görə fərqlənir: xəttin gərginliyinə nəzarət relesi (KSV) və sinxronizmə nəzarət relesi (KSS).



Şək. 5.9. Açarlar ilə qoşulma üçün sinxronizmi gözləməklə ATQ sxemi

Şək. 5.9-da göstərilən sxem üzrə ATQ qurğusu xəttin hər iki ucunda quraşdırılır, bu zaman xəttin bir tərəfində gərginliyin olmaması halında ATQ-nın işləməsinə (SX2 qapayıcısı qoşulan zaman KSV ayıran kontaktından keçməklə), digər tərəfindən xətdə gərginliyin olması zamanı və qarşı gərginliklərin sinxronluğu zamanı icazə verilir (KSV aşağı qapayıcı kontakt və KSS kontaktı qapalı olduqda). ATQ-nin dövrü aşağıdakı ardıcıllıqla baş verir. Xəttin açılmasından sonra ilk növbədə gərginliyin olmamasına nəzarət olunan tərəfdəki ATQ işə düşür və açarı qoşur. Lakin xətdə dayanıqlı zədələnmə olan halda açar yenidən açılacaq. Xəttin digər tətəfində yerləşən ATQ qurğusu bu zaman işləməyəcək. Əgər zədələnmə kənarlaşdırılıbsa, xətt gərginlik altında qalacaq və xəttin digər tərəfində quraşdırılmış ATQ işləyəcək. Xətdə gərginliyin olmasına nəzarət edən KSV gərginlik relesi işləyəcək və özünün aşağı qapayıcı kontaktını qapayacaq.

Əgər xəttin uclarında gərginliklər arasındakı bucaq böyük olmasa, KSS sinxronizmə nəzarət relesi verilmiş dözmə müddətinin vaxtı bitdikdən sonra açarın qoşulmasına icazə verərək kontaktını qapayacaq və beləliklə də xətt tranzitə qapanacaq.

Şək. 5.9-da göstərilən ATQ sxemində SX2 qapayıcısının köməyi ilə ATQ-nın funksiyası dəyişir. Sinxronizmə və gərginliyin olmasına nəzarət olunan tərəfdə SX2 qapayıcısı açıqdır. Gərginliyin olmamasına nəzarət olunan tərəfdə SX2 qapayıcısı qoşuludur.

Qeyd etmək lazımdır ki, gərginliyin olmamasına nəzarət olunan xəttin digər tərəfində ardıcıl olaraq qoşulmuş KSV və KSS kontaktları işdən çıxarılmır. Bunun sayəsində xəttin bir tərəfdən açılması zamanı ATQ-nin imtinasının qarşısı alınır.

Baxılan sxemdə sinxronizm olan zaman tranzitin operativ qapanması üçün sinxronizmi gözləyən avtomatik təkrarqoşmanın istifadəsi nəzərdə tutulmuşdur.

Bunun üçün SX3 və SX4 qapayıcıları quraşdırılmışdır. Sinxronlaşmanı yerinə yetirmək lazım gəldikdə SX3 qapayıcısı açılır, bununla da idarəetmə açarı "Qoşuludur" vəziyyətinə

çevrildikdən sonra ATQ-nin bloklanması açılır. SX4 isə aşağı vəziyyətdə quraşdırılır. İdarəetmə açarından impuls verilən zaman KCC relesi işə düşür və ATQ-nın çıxış dövrəsində quraşdırılmış göstərici rele bir kontakt ilə şuntlanır, ikinci kontakt ilə isə fiksasiya relesinin yuxarı dolağına "müsbət" ötürülür. Fiksasiya relesi işə düşür və ATQ-nın işə düşmə dövrəsində öz kontaktlarını qapayır. Bu halda sinxronlaşma avtomatik baş verir. ATQ qurğusu tranzitin qapanması üçün buraxılabilən şərtlər əsasında işləyərək, açarın qoşulmasına impuls ötürür.

5.9. Birfazalı avtomatik təkrarqoşma

Yüksək gərginlikli torpaqlanmış neytral ilə işləyən hava şəbəkələrinin istismar təcrübəsi göstərir ki, elektrik veriliş xətlərində birfazalı qısaqapanmanın payı çox yüksəkdir. Aydındır ki, birfazalı qısaqapanma zamanı xəttin hər iki tərəfindən zədələnmiş bir fazanı açmaq kifayətdir və sonra onu avtomatik qoşmaq lazımdır. Bu halda zədələnməmiş iki faza həmişə qoşulu qalır. Bu prinsip birfazalı avtomatik təkrarqoşmanın (BATQ) əsasını təşkil edir.

BATQ-nın ÜATQ-yə nəzərən əsas üstünlükləri aşağıdakılardır: enerjisistemin iki hissəsi arasında əlaqənin iki faza üzrə BATQ dövründə saxlanması; bu qoşma cərəyan təkanları olmadan baş verir; istənilən növ birfazalı açarın avtomatik təkrar qoşulmasının mümkünlüyü (həm cəldtəsirli, həm də dözmə müddətli təsir edən).

BATQ-nın əsas çatışmazlığına aşağıdakıları aid etmək olar:

- xəttin zədələnmiş fazasını seçən xüsusi qurğuların seçici və əlavə bloklama daxil edilməsi hesabına ATQ sxeminin mürəkkəbləşməsi;
- BATQ dövründə yaranan sıfır və əks ardıcıllıqlı gərginlikdən və cərəyandan rele mühafizəsinin səhv işləməsinin

qarşısını almaq üçün verilmiş xətdə rele mühafizəsinin mürəkkəbləşməsi, kobudlaşması və ləngiməsi;

- xəttin iki faza ilə elektrik stansiyasının generatorlarına, həmçinin telefon xətlərinə və teleqraf əlaqələrinə işləməsi zamanı qeyri-simmetrikliyin ziyanlı təsiri;
- fazalararası qısaqapanma zamanı BATQ-nın işləməməsi.

Bəzi hallarda ATQ-nın kombinə edilmiş qurğularından istifadə edilir, bu halda ATQ birfazalı qısaqapanma zamanı BATQ kimi, fazalararası qısaqapanma zamanı isə ÜATQ kimi işləyir.

330-750kV elektrik veriliş xətlərində bir qayda olaraq, rele mühafizəsi ilə birlikdə, xətdə quraşdırılmış ATQ-503 və ya ATQ-750 tipli kombinə edilmiş qurğu istifadə edilir və aşağıdakıları təmin edir:

- xətlərdə cəldtəsirli mühafizə ilə açılan qısaqapanma zamanı – yalnız bir zədələnmiş fazanın açılması və onun birdəfəlik avtomatik təkrar qoşulması;
- dayanıqlı birfazalı qısaqapanmaya açılan fazanın qoşulması;
- xətlərdə fazalararası qısaqapanma zamanı – xəttin üç fazasının açılması və onların təkrar qoşulması;
- rele mühafizəsinin və ya avtomatikanın səhv işləməsi nəticəsində zədələnməmiş xəttin üç fazasının açılması zamanı – xəttin birdəfəlik üçfazalı ATQ-si.

5.10. Şinlərin avtomatik təkrar qoşulması

Şinlərdə bir çox zədələnmələr dayanıqsız olduğundan, onlarda ATQ-nin tətbiqinə imkan yaranır. Bir tərəfdən qidalanan yarımstansiyalar üçün qidalandırıcı xətlərin əks tərəflərində və ya transformatorlarda quraşdırılmış mühafizələrlə təmin olunan şinlərdə zədələnmələrin açılması, şinlərə yenidən gərginliyin verilməsi qidalandırıcı elementlərin (xətlərin, transformatorların) ATQ qurğularının işi hesabına təmin olunur.

Yarımstansiyalarda şinlərin xüsusi mühafizələrinin olması zamanı (adətən, iki tərəfdən qidalanan şəbəkələrdə yüksək gərginlik yarımstansiyalarının şinləri) şinlərin təkrar qoşulması, bir tərəfdən qidalanan sxemlərdə olduğu kimi, qidalandırıcı birləşmələrin açarlarının ATQ qurğusunun köməyi ilə yerinə yetirilə bilər. Bu halda ATQ sxemi açarın və idarəetmə açarının (fiksasiya relesi) vəziyyətinin uyğunsuzluğundan yaranan işədüşmə ilə icra olunur. Bu halda şinin mühafizəsinin işləməsi zamanı xəttin ATQ-si bloklanmalıdır.

Yarımstansiyada bir neçə qidalandırıcı xətt olduqda, ATQ-ni bir neçə, yaxud bütün xətlərdə yerləşdirmək məqsədəuyğundur. Bu həm yarımstansiyanın normal sxeminin həddən artıq avtomatlaşmasının bərpası üçün, həm də bir qidalandırıcı xəttin yarımstansiyanın bütün yükünü təmin edə bilmədiyi zaman tələbatçıların qidalanmasını təmin etmək üçün aparılır. Bu məqsədlə, şinin mühafizəsi işləyən zaman bütün qidalandırıcı xətlərin ATQ-sı işə düşür. Birinci xəttin müvəffəq ATQ-si zamanı ardıcıl olaraq digər xətlərin açarları da qoşulur. Əgər birinci xətt dayanıqlı qısaqapanmaya qoşularsa, şinin mühafizəsi yenidən işləyəcək. Bu halda digər xətlərin ATQ-si bloklanır və onların açarları qoşulmur, bunun da nəticəsində şinin avtomatik təkrar qoşulmasının bir dəfə işləməsi təmin olunur.

Yoxlama sualları

1. Bir tərəfdən qidalanan xətlərdə hansı növ ATQ tətbiq olunur?
2. Elektrik ATQ sxemlərində birdəfəli iş necə təmin edilir?
3. ATQ-nin dözmə müddəti necə təyin olunur?
4. ATQ-dən əvvəl və sonra mühafizənin sürətlənməsinin təyinatı nədən ibarətdir?
5. Hava və eleqaz açarlarında ATQ-nin yerinə yetirilməsinin xüsusiyyətləri nədən ibarətdir?
6. İkidəfəli ATQ nə zaman istifadə olunur?
7. İki tərəfdən qidalanan xətlərdə ATQ-nın hansı növləri tətbiq olunur?
8. Birfazalı ATQ necə yerinə yetirilir?
9. Mexaniki intiqala malik açarlarda ATQ necə işləyir?
10. Qeyri-sinxron ATQ-nin xüsusiyyəti nədən ibarətdir?
11. Cəldtəsirli ATQ necə işləyir?
12. Sinxronizmi gözləyən ATQ-nin iş prinsipini izah edin.
13. Şinlərdə ATQ necə yerinə yetirilir?

FƏSİL 6. EHTİYATIN AVTOMATİK QOŞULMASI

6.1. EAQ-nin təyinatı

Məsul tələbatçıların qidalandırılmasının etibarlığını artırmaq üçün onların iki asılı olmayan mənbədən elektrik təchizatı təmin edilir. Belə olan halda qidalandırıcı elementlərdən birinin zədələnməsi və onun açılması zamanı tələbatçıların işi enerjisistemin işçi vəziyyətdə olan hissəsi ilə davam edəcəkdir. Bununla yanaşı, elektrik şəbəkələrinin dairəvi şəklə gətirilməsi yolu ilə və güc transformatorlarının paralel işi ilə yerinə yetirilmiş iki tərəfli (bəzi hallarda çox tərəfli) elektrik təchizatı zamanı rele mühafizəsinin işi mürəkkəbləşir, q.q. cərəyanlarının artması səbəbindən aparatların iş şəraiti və enerjisistemin paralel işləyən hissələrinin istismarı daha da çətinləşir.

Seksiyalanmış elektrik təchizat sxemi rele mühafizəsinin işini kifayət qədər sadələşdirir, onun işinin dəqiqliyini artırır, paylayıcı şəbəkədə q.q. zamanı qidalandırıcı yarımstansiyanın şinlərində qalıq gərginliyin qiymətini artırır və q.q. cərəyanlarını azaldır, bir çox hallarda güc axınları və gərginliklərin qiymətlərinə görə lazım olan rejimi yaratmağa imkan verir. Seksiyalanmış sxemin əsas çatışmamazlığı qidalandırıcı elementlərin zədələnməsi zamanı elektrik təchizatında fasilənin yaranmasıdır. Bu çatışmamazlıq normal şəraitdə tələbatçıları qidalandıran əsas elementlərin açılması zamanı ehtiyat elementlərin avtomatik qoşulması ilə müəyyən dərəcədə aradan qaldırılır.

Ehtiyat elementlər yük daşımayan, normal açıq və ya gərginlik altında ola bilərlər.

Digər hallarda ehtiyat elementlər normal olaraq qismən yüklənə bilər, yəni tələbatçıların bütün yükü iki (və ya daha çox) qidalandırıcı mənbə arasında paylanır və bu mənbələrin biri digərini ehtiyatda saxlayır.

Heyət tərəfindən əl ilə ehtiyatın işə salınması elektrik təchizatının uzunmüddətli fasiləsinə gətirib çıxarır və bir qayda olaraq, istehsalın texnoloji prosesinin pozulması ilə müşahidə olunur.

Elektrik stansiyalarının xüsusi sərfiyyatının elektrik qidalanmasının 20-30 saniyəyə dayanması qazan aqreqatlarının mütləq dayandırılmasına gətirir və son nəticədə stansiyanın gücünün tam açılmasına səbəb olur. Aqreqatların növbəti işə salınması və stansiyanın normal parametrlərinin təmin olunması bir neçə saat vaxt aparır. Eyni zamanda bəzi kimyəvi istehsalatın elektrik təchizatında fasilə 3 saniyədən çox olarsa, onların texnoloji prosesində pozuntu yaranır. Bu cür pozuntudan sonra normal parametrlərin təmin olunması üçün sutka və ya daha çox vaxt lazım gəlir.

Radial elektrik qidalanmasının sxemində tələbatçıların işinin etibarlığına olan tələblərin kifayət qədər artması, elektrik təchizatında fasiləni 1-2 saniyədən az olmayaraq məhdudlaşdıran, ehtiyatın avtomatik qoşulma (EAQ) qurğusunun işə düşməsinə gətirib çıxarır.

Asinxron mühərriklərin öz-özünə işə düşməsinin mümkünlüyü və onun üçün bu rejimin təmin olunması EAQ qurğusunun istismar təcrübəsi və uyğun olaraq nəzəri analiz ilə müəyyən edilmişdir. Əvvəllər elektrik stansiyasının xüsusi sərfiyyat qurğuları üçün EAQ qurğusu elə yerinə yetirilirdi ki, onlar yalnız xüsusi sərfiyyat güc transformatorlarının və ya generatorların daxili zədələnməsi zamanı işə düşürdülər.

Əgər elektrik təchizatının ehtiyat elementi öz yükünü qidalandırırsa, onda ehtiyat mənbənin şininin zədələnməsi zamanı onun dayanıqlı q.q.-ya qoşulması halında zədələnmə onun tələbatçılarına doğru inkişaf edəcəkdir. Belə təsiri azaltmaq üçün EAQ qurğusunun işləməsindən sonra sürətləndirilmiş mühafizənin avtomatik qoşulması nəzərdə tutulur. Bu mühafizə ehtiyat mənbənin onun tələbatçıları ilə birlikdə ehtiyat şəbəkənin şinindən cəld açılmasını təmin edir.

Ehtiyat mənbənin təlabatçılarina gərginliyin verilməsi üçün qoşulma zamanı şinlərdə aradan qalxmayan qısaqapanmanın inkişafı mümkünlüyünü istisna edən məsələnin digər bir həlli EAQ və ATQ qurğularının birlikdə işinin təşkilidir.

Qidalandırıcı şəbəkənin elementlərinin zədələnməsi və onlar üzrə tələbatçıya elektrik enerjisinin verilməsi zamanı həmin

elementlər əsas mənbədən açılır və EAQ qurğusu ilə ehtiyat qidalanma mənbəyinə keçirilir. Beləliklə, EAQ-nın işləməsi, yalnız zədələnmiş elementin həm əsas qidalanma mənbəyindən, həm də tələbatçıların qəbuledici şinlərindən açılmasından sonra baş verir. Əgər q.q. tələbatçının şinlərində baş veribsə, EAQ qurğusu işləməyəcək. Qidalandırıcı birləşmələrdə ATQ qurğusu işə düşəcəkdir.

Şinlərdə (və ya şinlərdən tələbatçılara gedən xətlərdə, əgər zədələnmiş xəttin açılmasında imtina baş veribsə) q.q. aradan qaldırılan zaman elektrik təchizatı bərpa olunur; davam edən q.q. zamanı ATQ qurğusu ilə qoşulmuş açarın açılması baş verir. Məsələn, əgər əsas qidalandırıcı transformatorun diferensial və ya qaz mühafizəsi işləyibsə, onda EAQ qurğusu işə qoşulur, əgər maksimal cərəyan mühafizəsi işə düşübsə, onda bu halda ATQ qurğusu işləyir.

Ehtiyat xətlərin avtomatik qoşulması elektrik təchizat sxemlərinin sadələşməsinə və ucuzlaşmasına imkan verir. Hava elektrik veriliş xətləri üçün EAQ qurğusunun tətbiqi onlarda ATQ qurğusunun quraşdırılmasını istisna etmir və ehtiyat tədbir kimi baxılır, yəni açılan xətt ATQ qurğusundan qoşulur, ancaq əgər ATQ qurğusu qeyri – müvəffəq işləyibsə, onda bu xətt avtomatik olaraq, qəbuledici tərəfdən açılır və tələbatçılar EAQ qurğuları vasitəsi ilə öz yükünü də qidalandıran digər ehtiyat xətlərdən qidalanır.

Ehtiyat avadanlığın avtomatik qoşulması üsulu yalnız tələbatçıların elektrik qidalanma ehtiyatı üçün deyil, həm də elektrik stansiya və sənaye müəssisələrinin xüsusi sərfiyyat mexanizmlərinin etibarlığını təmin etmək üçün tətbiq edilir. Tez-tez ehtiyat qidalandırıcı nasosların, tüstüsoranların, kömürötürücü mexanizmlərin, sərinkeşlərin və s. avtomatik qoşulması nəzərdə tutulur.

Ehtiyat qidalanma mənbəyinə avtomatik qoşulma, bir qayda olaraq, elektrik stansiya və ya yarımstansiyalarda dəyişən cərəyanın itməsi zamanı onunla qidalanan qəza işıqlanmasını, rabitə və telemexanika əlaqəsini təmin etmək üçün istifadə olunur.

EAQ qurğusunun tətbiqi hesabına rele mühafizəsinin sadələşməsi bir sıra şəhər şəbəkələrində onların təkmilləşdirilməsinə böyük kapital qoymadan tələbatçıların elektrik təchizatının etibarlığını təmin etmişdir. Bundan başqa, ehtiyatın avtomatik seçilməsi (EAS) qurğusu da işlənib hazırlanmışdır. Bu qurğu əsas qidalanma magistralının zədələnmiş sahəsinin açılmasından sonra transformator yarımstansiyasının ehtiyat seçmə magistrala qoşulmasını təmin edir; seçmə açılmanı yerinə yetirmək üçün sadə növ relelərdən (cərəyan, gərginlik, zaman və aralıq) istifadə edilir.

5 il ərzində statistik göstəricilər əsasında EAQ qurğusunun işi üzrə verilənlər cədvəl 6.1-də verilib.

Cədvəl 6.1.

İstismarın 5 ili ərzində EAQ qurğusunun işinin əsas göstəriciləri

Qurgunun quraşdırılma yeri	İşin göstəriciləri		
	Dəstin sayı, il	İşin müvəffəqliyi, %	Müvəffəq işləmə dövrü, il
Yarımstansiyanın transformatorları (aşkar ehtiyat)	5945	94	3,3
Elektrik veriliş xətləri	16895	94,9	4,7
Xüsusi sərfiyyat transformatorları (aşkar ehtiyat)	11046	91,1	4,7
Xüsusi sərfiyyat mühərrikləri	39785	99,54	2,7
Xüsusi sərfiyyatın seksiyalararası açarları (qeyri-aşkar ehtiyat)	3753	97	1,7
Yarımstansiyanın seksiyalararası açarları (qeyri-aşkar ehtiyat)	8316	89,2	4,4
Digər obyektlər	26889	98,2	4,7
Bütün qurgular	112629	96,06	3,5

Tədqiqatlar göstərir ki, EAQ enerjisistemin işinin etibarlığını artıran əsas vasitələrdən biridir. EAQ qurğusunun müvəffəq işləməsi 90-95% təşkil edir [11]. EAQ qurğusunun işinin effektliyi ATQ-də olduğu kimi gərginliyin verilməsindən sonra istehsal prosesinin normal parametrlərə nə qədər tez çatmasıyla təyin olunur. Bu öz növbəsində elektrik təchizatında yaranan fasilə vaxtından, bu cür fasilədən sonra elektrik mühərriklərinin öz-özünə işə düşməsinin baş vermə imkanından və onların qəzaya qədərki istehsala nə qədər tez çatacağından asılıdır. Aydındır ki, əgər tələbatçıların mühərriklərinin öz-özünə işədüşməsi baş vermirsə və ya öz-özünə işədüşmə zamanı texnoloji parametrlər kritik qiymətə çatarsa və bununla da istehsal dayanarsa, EAQ qurğusunun işi effektli hesab edilə bilməz.

Analoji vəziyyət seçmə sahəsində kompleks həll tələb edir: quraşdırılmış rele mühafizə qurğuları, elektrik qidalanma sxemləri (EAQ qurğusu olmayan halda çoxtərəfli və ya EAQ qurğusu olan radial sxem), tətbiq edilən elektrik mühərrikləri, mühərriklərin və yüklərin xarakteristikaları, komutasiya aparatlarının növləri, onların idarəetmə sxemi və texnoloji bloklanma qurğusu.

6.2. EAQ qurğusunun sxemləri

6.2.1. Ümumi şindən qidalanan güc transformatorlarında EAQ

Şək. 6.1,a-da iki alçaldıcı transformatoru olan yarımstansiyanın prinsipial sxemi verilmişdir. Yarımstansiyanın şinindən qidalanan yük (işıqlanma, elektrik sobaları və asinxron mühərrikləri) EAQ qurğusunun işləmə müddətinə məhdudiyyət qoymur, eyni zamanda pozuntu baş verdikdən 1,5-2,5 saniyə sonra təkrar gərginlik verilməsinə şərait yaradır. Transformatorlar qidalandırıcı tərəfdən ümumi sistem şinə, qəbuledici tərəfdən isə iki seksiyaya qoşuludur.

Yarımstansiyanın mümkün iş rejimləri aşağıda verilir:

1) hər iki transformator müxtəlif seksiyalara qoşuludur, Q5 açarı açıqdır;
2) işləyən transformatorlardan biri hər iki seksiyaya qoşuludur (məsələn, T1 transformatoru), Q5 açarı qoşuludur, T2 açıqdır.

EAQ qurğusu aşağıdakıları təmin edir:

- transformatorların müxtəlif seksiyalara işləməsi zamanı onların qarşılıqlı ehtiyatlanması;
- transformatorlardan yalnız birinin işləməsi və onun qəza açılması zamanı transformatorun EAQ-sı;
- transformatorların paralel iş rejimində qapalı seksiya açarı ilə birlikdə seksiya şinlərində q.q.-dan sonra gərginliyin avtomatik təkrar verilməsi (belə rejim transformatorların daha da bərabər yüklənməsi və itkinin azalması üçün məqsədəuyğun ola bilər).

T2 transformatoru açıq, Q5 açarı qoşulu olduqda, q.q.-dan sonra II seksiyaya gərginliyin təkrar verilməsi təmin olunmur. Eyni zamanda T1 transformatoru açıq, lakin Q5 açarı qoşulu olan zaman I şinə təkrar gərginlik verilməsi təmin olunmur. Belə rejimlərdə təkrarqoşma qidalandırıcı tərəfdən təyin olunan və dözmə müddətinə malik olan transformatorun ehtiyat mühafizəsinin işləməsi zamanı qoşulan ATQ qurğusu ilə yerinə yetirilə bilər (şək. 6.1-də bu mühafizə və transformatorun ATQ qurğusu göstərilməmişdir).

Ehtiyat mühafizənin işləməsi zamanı EAQ qurğusunun işinə qadağa qoyulur (məsələn, KL3 və KL4 rele dolaqlarından operativ cərəyan çıxarılır, ancaq diferensial və qaz mühafizəsinin işləməsi zamanı ATQ qurğusunun işinə qadağa qoyulur və EAQ qurğusu işə düşür). Şək. 6.1,b-də köməkçi kontaktları və elektromaqnit dövrələrinin qoşulma sxemi olan açar göstərilmişdir.

EAQ qurğusu aşağıdakı prinsipdə işləyir (şək. 6.1,c).

Hər hansı bir səbəbdən Q2 və ya Q4 açarları açılarsa (həmçinin şinlərdə q.q. zamanı), açarların köməkçi kontaktları çevrilir və KT1, yaxud KT2 rele dolaqlarının dövrəsini açır.

Beləliklə, Q2 və ya Q4 açarlarının 1,5-2 saniyəyə açılmasının ardınca KL3 və ya KL4 releləri qoşulur. Bunlar da öz növbəsində seksiya açarını və güc transformatorunun açarını (əgər sonuncu açıqdırsa) qoşur.

Q2 və Q4 açarlarının qoşma dövrəsi Q1 və Q3 açarlarının köməkçi kontaktlarından keçərək işə qoşulur (kontaktlar Q1 və Q3 açarları qoşulduqdan sonra qapanır). Belə birləşmə üç açarın eyni vaxtda qoşulmasını aradan qaldırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Belə ki, bu hal akkumlyator batareyalarının artıq yüklənməsinə səbəb ola bilər. İşləyən transformatorun açılmasından 1,5-2 saniyə sonra KL3 və KL4 rele dolaqlarının dövrəsi açılır, bununla da ehtiyat transformator açarının və seksiya açarının bir dəfə qoşulması təmin olunur.

0,5 saniyədən yuxarı işləmə müddəti olan güc transformatorlarının və seksiyalararası açarların rele mühafizəsini EAQ qurğusunun təsirindən sonra sürətlənmə ilə yerinə yetirmək məqsədəuyğundur.

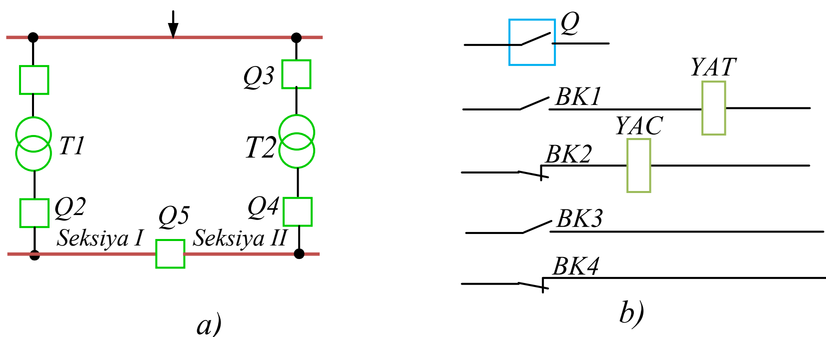
Şək. 6.1,c-də nümunə kimi seksiya açarının maksimal cərəyan mühafizəsinin sürətli işini yaratmaq üçün mümkün sxemi göstərilmişdir. Q5 açarının açıq vəziyyətində KT5 relesinin dolağından cərəyan axır və relenin kontaktı qapanır. Açarın əl ilə və ya EAQ qurğusu ilə qoşulmasından sonra cərəyan relesi işə düşür və KT7 zaman relesini qoşur; bu rele 0,1-0,2 saniyəyə cəld işləmə dövrəsini qapayır.

Əgər Q5 açarının qoşulmasından sonra bu açarın rele mühafizəsi və KT7 relesi işə düşmürsə, mühafizənin sürətləndirilmə dövrəsi bir müddətdən sonra KT5 relesinin kontaktından ayrılır və yalnız selektiv mühafizə işdə qalır.

Əgər cərəyan relesi seksiya açarının qoşulmasından sonra öz-özünə işə düşmə cərəyanının təsirindən işə düşmürsə, onda seksiya açarının maksimal cərəyan mühafizəsinin sürətləndirmə sxeminin tətbiqinə yol verilir. Bu cərəyanların aradan qaldırılması

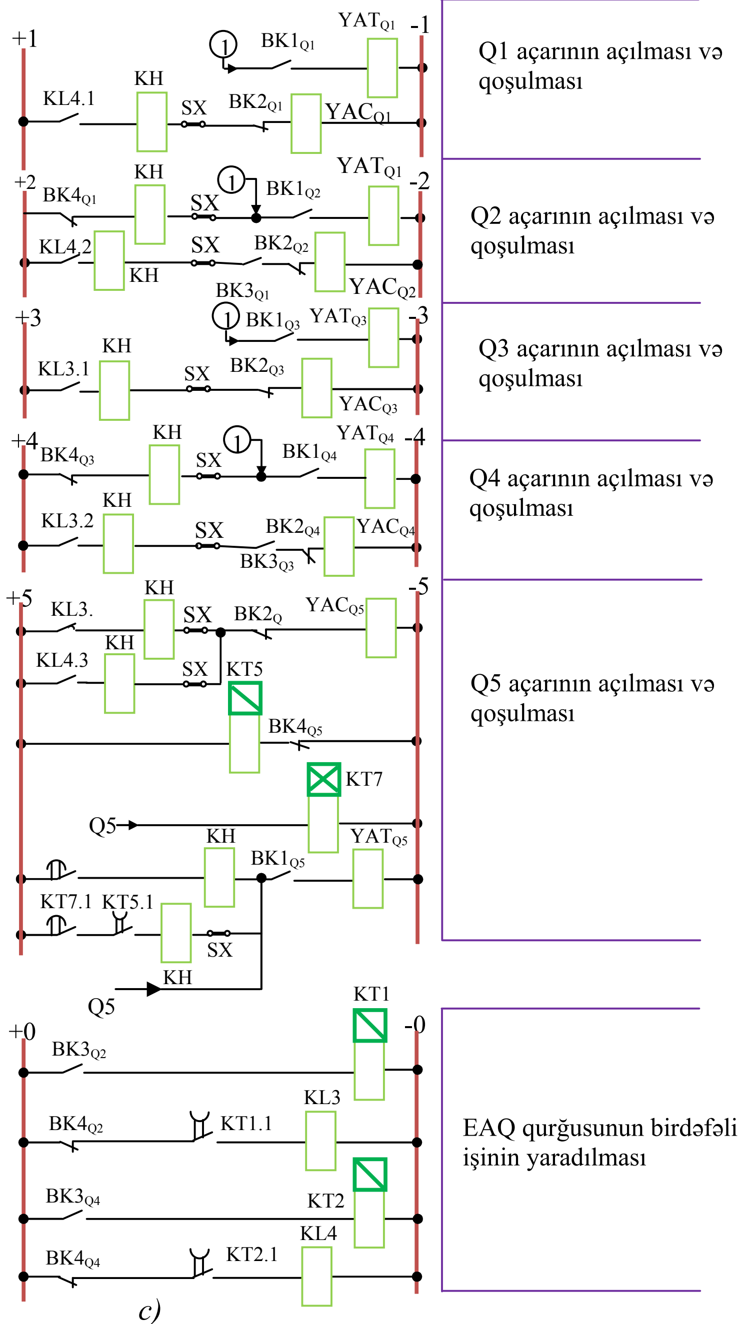
mühafizənin yol verilməz dərəcədə kobudlaşmasına səbəb ola bilər; belə olan hallarda ya sürətləndirilmiş mühafizəyə 0,5 saniyəyə yaxın vaxt təyin edilir, ya da əlavə olaraq işəsalma və ya q.q. cərəyanlarından kənarlaşdırılır; cərəyan kəsmənin açılış dövrəsi normal olaraq işdən çıxarılır və seksiya açarının qoşulmasından sonra əl ilə məsafədən və ya EAQ qurğusu ilə bir müddətdə avtomatik işə daxil edilir (yəni, bu dövrəyə KT5 relesinin kontaktı ilə nəzarət edilir).

Bunun üçün seksiya açarında transformatorun ehtiyat mühafizəsinin işləməsindən əvvəl bu açarı aça bilən mühafizə qoyulmalıdır (yaxud transformatorun ehtiyat mühafizəsi iki dözmə müddətinə malik olmalıdır – aşağı dözmə müddəti seksiya açarını, yuxarı dözmə müddəti isə transformatoru açmalıdır). Seksiyalar aralandıqdan sonra zədələnmiş seksiyada q.q.-nı qidalandıran transformator da açılacaq, EAQ qurğusu işə düşəcək və Q5 açarı işləyən seksiyadan cərəyansız qalan seksiyaya ikinci dəfə təkrar gərginlik verəcək.



Şək. 6.1. Yarımstansiyanın ümumi şinindən qidalanan transformatorun EAQ qurğusunun sxeminin variantı

a – yarımstansiyanın sxemi; b – Q açarının YAT açma elektromaqniti, YAC qoşma elektromaqniti və BK1-BK4 köməkçi kontaktlarından ibarət dövrənin qoşulma sxemi; açarın qoşulu vəziyyətində BK1, BK3 qapalıdır; açarın açıq vəziyyətində BK2, BK4 qapalıdır; c – avtomatika elementləri; 1 – müvafiq açarı mühafizədən və idarəetmə açarından açan dövrə



Şək. 6.1-in davamı

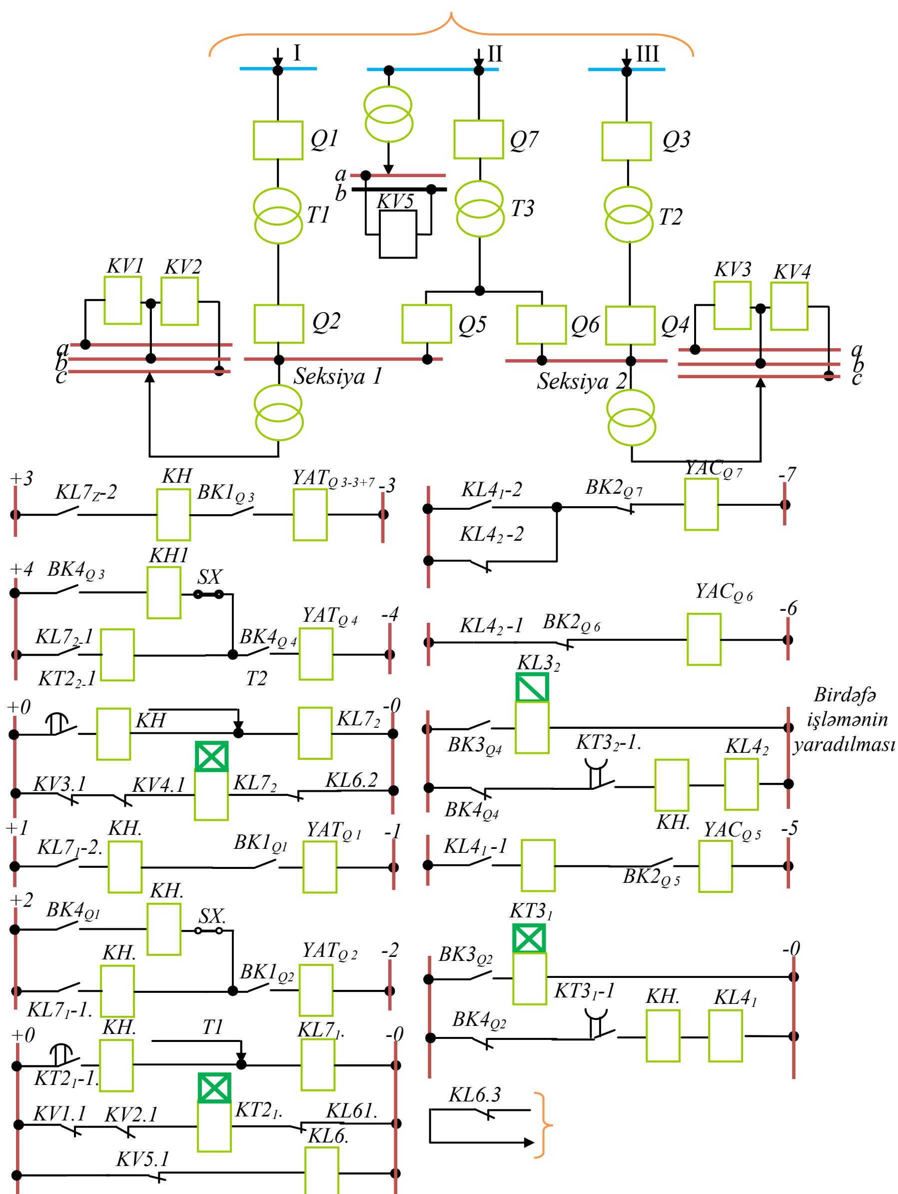
Q1-Q4 açarlarının əl ilə açılması zamanı seksiyaların birində cərəyan olmasa, EAQ qurğusu vasitəsilə digər seksiyadan gərginliyin verilməsi təmin olunacaq.

EAQ qurğusunu kənarlaşdırmaq üçün SX qapayıcısından istifadə edilir; bunu həm də EAQ qurğusundan operativ cərəyanı çıxaran idarəetmə açarı vasitəsi ilə də yerinə yetirmək olar. Sxemdə həm EAQ qurğusunun işini, həm də və Q1, Q3 açarlarının qoşulmasından sonra Q2 və Q4 açarlarına qoşma impulsunun keçməsini siqnallaşdıran KH göstərici relesi vardır.

6.2.2. Müxtəlif mənbələrdən qidalanan güc transformatorlarında EAQ

T1 və T2 transformatorları – işçi, T3 transformatoru – ehtiyatdır (şək. 6.2). Transformatorlar müxtəlif mənbələrdən qidalanırlar (məsələn, generator gərginliyinin müxtəlif seksiyalarından). Şək. 6.2 üzrə verilmiş EAQ qurğusunun sxeminin əvvəlkindən fərqi ondan ibarətdir ki, burada nəinki transformatorun açılması zamanı EAQ qurğusunun işi nəzərdə tutulur, həm də müxtəlif səbəblərdən, məsələn, qidalanma mənbələrinin açılması və ya zədələnməsi zamanı seksiyada gərginliyin itməsi halı da nəzərə alınır. Gərginlik relesi zaman və aralıq releləri vasitəsilə gərginliyi itən seksiyanın transformatorunun açarının açılmasına təsir edəcəkdir.

1 və 2 seksiyalarının gərginliyinə nəzarət edən KV1-KV4 gərginlik relesinin qoyuluş qiyməti mümkün qədər az seçilir: çıxan xətlərdə q.q. zamanı gərginlik qəflətən aşağı düşərsə, işləmə zonasını məhdudlaşdırmaq üçün, həmçinin elektrik mühərriklərinin ardıcıl öz-özünə işə düşməsi zamanı gərginliyin aşağı düşməsindən qorunmaq üçün nominalın 0,25-0,3 hissəsi qədər götürülür. 1 seksiyasının KV1 və KV2 gərginlik relesi müxtəlif fazalara qoşuludur. Relenin kontaktları ardıcıl birləşmişdir. Analoji olaraq, 2 seksiyasının KV3 və KV4 releləri qoşuludur. Belə qoşulma qoruyuculardan birinin yanması zamanı səhv işləmənin qarşısını alır.



Şək. 6.2. Müxtəlif mənbələrdən qidalanan transformatorların EAQ qurğularının sxeminin variantı

a – yarımstansiyanın sxemi; b – avtomatikanın elementləri

Sinxron yükün olması zamanı EAQ qurğusu ehtiyat mənbədən inersiya üzrə fırlanan sinxron mühərriklərlə gərginliyi qorunub saxlanılan şinə gərginliyin qeyri-sinxron ötürülməsinin mümkünlüyünü istisna edən aparatla təchiz olunmalıdır.

Sxemdə ehtiyat mənbədə gərginliyin olmasına nəzarət üçün relenin quraşdırılması nəzərdə tutulmuşdur; bu məqsədlə bir KV5 relesi istifadə edilir, belə ki, EAQ-nın işləmə anında onun dövrəsinin sazlığının pozulması az ehtimal olunur. Mühafizənin sürətlənmə dövrəsi göstərilməmişdir, onlar şək. 8.1,c-də göstərilənə analoji olaraq, seksiya açarlarında quraşdırılmış mühafizə üçün yerinə yetirilir.

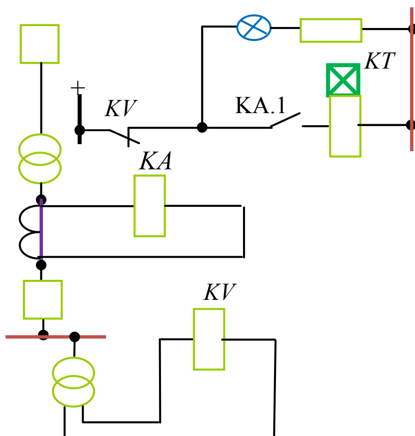
Başqa ehtiyat transformatorun olması zamanı (sadələşdirmək məqsədilə) adətən, işçi transformatorların açarlarında ATQ qurğusu nəzərdə tutulmur. Əgər işçi transformatordan biri müddətli təmirdədirsə, onda ATQ ehtiyat transformatorlarda quraşdırılır. Belə rejimdə EAQ qurğusunun sxemini şək. 6.1-ə analoji olaraq, elə dəyişdirmək lazımdır ki, qarşılıqlı ehtiyatlanma yerinə yetirilə bilsin.

Seksiya cərəyansız qalan zaman ətalət üzrə fırlanmağa davam edən asinxron mühərrikləri ehtiyat enerjisi hesabına qısa müddətə gərginliyi saxlayır, ona görə də gərginliyin aşağı enməsi nəticəsində mühafizənin işləməsi bir qədər gecikə bilər. Qidalandırıcı transformatorun istənilən səbəbdən (məsələn, heyətin qidalanma tərəfdən səhvən açarı açması zamanı) açılması zamanı EAQ qurğusunun işinin sürətlənməsi üçün sxemdə işçi transformatorun qidalanma tərəfinin açarının köməkçi kontaktları ilə seksiya açarının açılması nəzərdə tutlulmuşdur.

Seksiyada gərginliyin itməsi zamanı işçi transformatorun açılmasına şək. 6.3 üzrə gərginlik relesinin qoşulma sxemi vasitəsilə nail olmaq olar. Burada gərginlik relesinin işədüşmə qiyməti $U_{or} = 0,65\ U_{nom}$-a qədər arta bilər.

Seksiya şinlərində gərginliyin və qidalandırıcı transformatorun dövrəsində cərəyanın itməsi zamanı KT zaman relesi işə qoşulur. Belə qoşulma gərginlik ölçü transformator dövrəsində səhv əməliyyatlar və qoruyucuların yanması zamanı işçi transfor-

matoru düzgün olmayan açılmadan qoruyur. Əgər minimal işçi cərəyan əsas qidalanma dövrəsi üzrə cərəyan relesinin etibarlı işini təmin edirsə, qeyd olunan sxem tətbiq oluna bilər. Cərəyan relesi elə seçilməlidir ki, minimal yük zamanı o kontaktlarını açıq saxlasın, lakin onun dolağı mümkün maksimal işçi cərəyanlar zamanı texniki dayanıqlı olmalıdır.



Şəkil 6.3. Qidalandırıcı birləşmə sxemi üzrə cərəyanın itməsinə nəzarət etməklə gərginlik relesinin qoşulması

Beləliklə, yalnız ATQ qurğusunun qeyri-müvəffəq işləməsi halında ehtiyat qidalanma mənbəyinə keçid baş verir. Əgər transformatoru qidalandıran xətdə ikidəfəli işləyən ATQ qurğusu qoşulubsa, minimal gərginlik mühafizəsinin işləmə müddəti adətən birinci dövrdə ATQ qurğusunun işləmə müddətindən kənarlaşdırılır.

6.2.3. Elektrik veriliş xətlərinin EAQ qurğusunun sxemi

Elektrik veriliş xətlərinin EAQ qurğusunun sxemi (şək. 6.4) transformatorların EAQ qurğularının sxeminə analojidir. Şinlərdən gərginliyin itməsi zamanı KV1 və KV2 gərginlik releləri

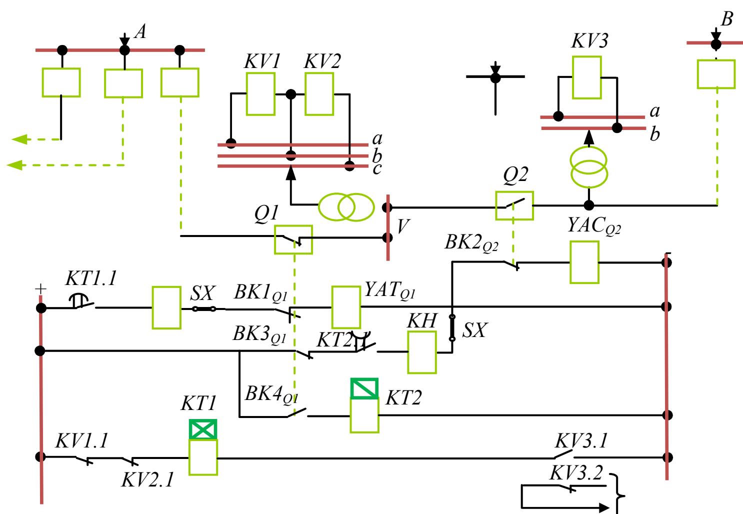
KT1 zaman relesini qoşaraq öz kontaktlarını qapayır. Gərginlik relesinin işədüşməsi üçün gərginlik (0,25÷0,3)U_{nom} qiymətində təyin edilir. KT1 zaman relesinin qoyuluş qiyməti qidalandırıcı xəttin q.q.-ya açılma müddətinin və A yarımstansiyası tərəfindən onun ATQ ilə təkrar qoşulması müddətinin cəmindən artıq götürülür.

KT1 relesinin qoyuluş qiyməti, həm də digər elektrik veriliş xətlərində və KV1, KV2 relelərinin işədüşmə gərginliyinə bərabər qalıq gərginlik zonasında A yarımstansiyasından gedən xətlərdə q.q.-ya açılma müddətindən artıq olmalıdır. B yarımstansiyası tərəfindən olan ehtiyat xətt gərginlik altında olmalıdır. Ehtiyat xəttin gərginlik transformatoruna qoşulmuş KV3 relesi gərginliyin olub-olmamasına nəzarət edir. Gərginlik transformatoru əvəzinə istənilən gərginlik qurğusundan istifadə etmək olar (məsələn, izolyator zəncirələri). Ləng geri qayıdışlı KT2 zaman relesi EAQ qurğusunun birdəfəli işləməsini təmin edir.

Əgər qidalandırıcı xətdə A yarımstansiyasi tərəfdən iki dəfəli işləyən ATQ qurğusu quraşdırılıbsa və ATQ qurğusunun ikinci dəfə işləməsindən sonra xətt gərginlik altındadırsa, yarımstansiyanın əsas qidalanma mənbəyinə yenidən qoşulması sadədir və əl ilə yerinə yetirilməsi məqsədəuyğundur (telemexanika qurğusu vasitəsilə).

Qəbuledici yarımstansiyada yüklü və ya yaylı intiqalların olması zamanı və operativ sabit cərəyan mənbəyi olmadıqda EAQ qurğusu şək. 6.5,a-da verilən kimi yerinə yetirilə bilər. Ehtiyat mənbənin girişində gərginlik olduqda və qəbuledici yarımstansiyanın şini cərəyansız qaldıqda ehtiyat xətt açarının qoşulması baş verir; belə şəraitdə gərginlik relesi kontaktlarını qapayır, KT zaman relesi işə düşür və Q1 açarını açır. Q1 açarının $BK4_{Q1}$ köməkçi kontaktları ehtiyat qidalanmanın girişinin Q2 açarının YAC_{Q2} qoşma sarğacını qoşur. KT zaman relesi dəyişən operativ cərəyanla işləyir. Bu cərəyan Q2 açarının qoşma sarğacının işə düşməsini təmin edir. Dəyişən operativ

cərəyan mənbəyi kimi ehtiyat qida mənbəyindən elektrik veriliş xəttinə qoşulmuş gərginlik transformatorunu göstərmək olar.

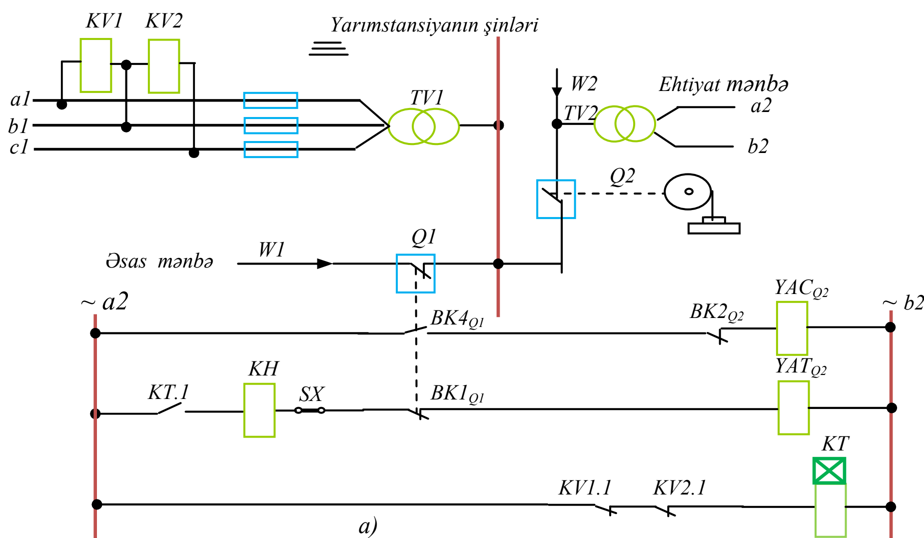


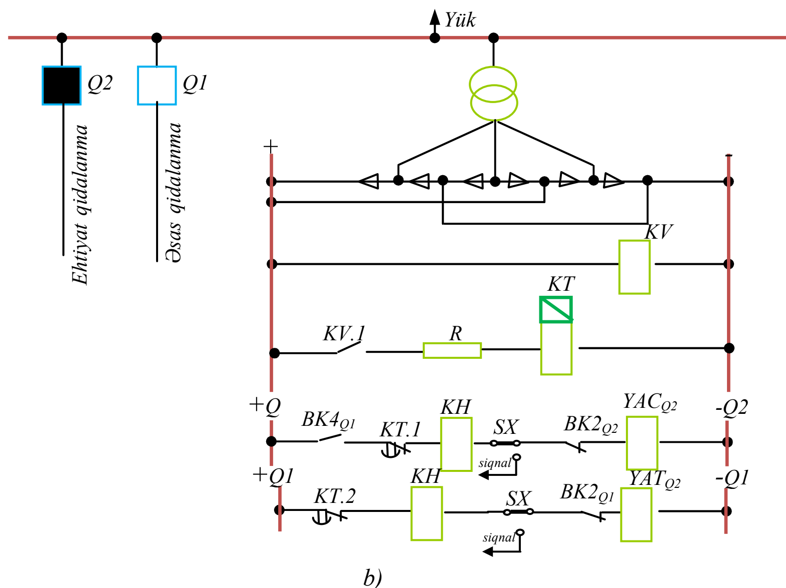
Şəkil 6.4. Elektrik veriliş xəttinin EAQ qurğusunun sxeminin variantı

A – əsas qidalanma mənbəyi; B – ehtiyat qidalanma mənbəyi; V – qəbuledici yarımstansiyanın şini

Şək. 6.5,b-də yüklü və ya yaylı intiqallara malik açarlar üçün işlənib hazırlanmış EAQ qurğusunun sxemi verilmişdir. EAQ qurğusunda qəbuledici və icra orqanı lövbərin 1-5 saniyə dözmə müddəti ilə işləyən KT relelərinin birində yerləşdirilib. KT rele dolağına gərginlik transformatoruna qoşulmuş üçfazalı düzləndirici körpüdən gərginlik verilir.

EAQ qurğusunun qayıtma əmsalının yaxşılaşdırılması üçün KT rele dolağının dövrəsinə KV relesinin kontaktları ilə nəzarət olunur (110V nominal gərginliyə hesablanmış KT relesinin qayıtma gərginliyi təxminən 10V təşkil edir, ona görə də KV relesi olmadıqda və şin cərəyansız qaldıqda KT relesi işlək vəziyyətdə qala bilər). KV relesi kimi istənilən növ gərginlik relesi istifadə edilə bilər.





Şəkil 6.5. Yüklü intiqallı (a) və düzləndirilmiş dəyişən cərəyan releli (b) EAQ qurğusunun sxeminin variantları

Qəbuledici yarımstansiyanın şinlərində gərginlik itən zaman KV relesi öz kontaktlarını açır və KT rele dolağını cərəyansızlaşdırır. Bu isə verilmiş andan sonra öz kontaktlarını qapayır. Əsas qidalandırıcı mənbənin girişinin açarı qapanır. Onun köməkçi kontaktları ehtiyat qidalanma mənbəyinin açarının qoşulma dövrəsini qapayır.

EAQ qurğusunun işini sürətləndirmək üçün əsas qidalanma mənbəyinin girişindəki açarın açılmasını cəldləşdirmək tələb olunur. Bu məqsədlə şək. 6.1 və 6.2-də verilən sxemlərdə əsas qidalanma transformatorunun qidalandırıcı tərəfindəki açarın açılması zamanı belə açılmanı yerinə yetirən dövrələr nəzərdə tutulmuşdur; mürəkkəb məsələlər kimi isə əsas mənbələrdən nisbətən uzun elektrik veriliş xətləri üzrə qidalanan yarımstansiyalarda EAQ qurğusunun işinin sürətləndirilməsinin təşkilini göstərmək olar.

Bu məqsəd üçün aşağıdakı imkanlar mövcuddur:

a) qidalandırıcı xəttin mühafizəsi üçün q.q. zamanı həmin xətti hər iki tərəfdən açan XDM (xəttin diferensial mühafizəsi) tipli uzununa diferensial mühafizənin nəzərdə tutulması;
b) xəttin qidalandırıcı mənbə tərəfindəki açarın açılması zamanı verilən siqnalın cəld ötürülməsi üçün xüsusi qurğudan istifadə etmək. Bu halda xətdə cəldtəsirli mühafizə (məsələn, cərəyan kəsməsi) tətbiq edilir;
c) xətlərdə q.q. zamanı onların hər iki tərəfdən cəld açılmasını yerinə yetirən xarici q.q. halında bloklama mühafizəsi prinsipi ilə yerinə yetirilən mühafizənin quraşdırılması;
d) xəttdə aktiv gücün axmasının qarşısını almağın cəld indikasiyasi üçün qurğu quraşdırmaq (məsələn, aktiv güc relesinin tezliyin köməyi ilə nəzarəti və ya nəzarətsiz işə düşməsi; tezliyin aşağı enməsini və onun enmə sürətini hiss edən tezlik relesi və s).

Ən effektiv vasitə həm qidalandırıcı yarımstansiyanın xətlərində, həm də paralel işləyən tələbatçıları qidalandıran digər xətlərdə cəldtəsirli mühafizənin quraşdırılmasıdır.

6.3. Sinxron yükü qidalandıran yarımstansiyalarda EAQ qurğusu

Bir çox sənaye müəssisələrinin elektrik təchizatının tipik sxemi iki magistral xətt üzrə baş alçaldıcı yarımstansiyadan (BAY) qidalanan zavod paylayıcı yarımstansiyadan (PYS) ibarətdir; magistralların hər birinin aralarına seksiya açarı quraşdırılan PYS-ın seksiya şini birləşdirilmişdir. Normal halda bu açar açıqdır və girişin qidalandırıcı magistraldan açılmasından sonra seksiyanın qidalanmaması nəticəsində EAQ qurğusu vasitəsilə isə qoşulur. İki magistralın olması qarşılıqlı ehtiyatı təmin edir. Bu zaman sahələrin hər biri hər iki seksiyanın yükünə hesablanmış buraxma qabiliyyətinə malik olmalıdır. Sənaye müəssisələrinin bu cür elektrik təchizat sxemi mühafizənin sadə növlərinin və EAQ qurğularının quraşdırılmasına imkan yaradır.

EAQ-nın işləmə müddətində seksiyaya qoşulmuş, qidalanması kəsilmiş sinxron mühərriklər ehtiyat mənbəyə nəzərən sinxronizmdən çıxır. EAQ-nın işinə 2 halda icazə verilir: ya sinxron yükün açılmasından sonra, ya da ondan təsirlənmə çıxarıldıqdan və işəsalma rejiminə keçdikdən sonra. Hər iki rejimə ehtiyat seksiyanın şinlərində gərginliyin nominal qiymətin 65%-dən aşağı qiymətə qədər azalması faktı ilə nəzarət olunur. Beləliklə, əsas qidalanma girişinin açarının açılmasından sonra (məsələn, rele mühafizəsinin işləməsindən sonra) EAQ qurğusu gərginliyin verilmiş qiymətə qədər azalmasını gözləməlidir.

Təsirlənmiş sinxron yükün EAQ qurğusunun işləməsi nəticəsində qeyri-sinxron qoşulması aşağıda verilmiş səbəblərdən tövsiyə olunmur:

a) sinxron mühərrikin nominal cərəyana nəzərən qeyri-sinxron qoşulmasının mühərrikin hesablanmadığı cərəyan

dəfəliyinə görə; belə qoşulma mühərrikin mexaniki zədələnməsinə səbəb ola bilər;

b) ikinci (zədələnməmiş) magistral xətdən qidalanan sinxron mühərriklər sinxronizmdən çıxan zaman asinxron rejimin yaranma mümkünlüyü səbəbindən qidalanması bu iki magistral xətt ilə təmin olunan istehsalatın iki texnoloji xəttinin tələbatçılarının açılması çox zaman istehsal prosesinin tamamilə pozulmasına gətirib çıxarır və texnoloji tsiklin təxirə salınmadan dayanmasını tələb edir;

c) bir neçə növ sinxron mühərriklər üçün qeyri-sinxron qoşulmadan sonra əlavə tədbirlər görmədən resinxronizasiyanın aparılmasının mümkünsüzlüyü səbəbindən; belə xüsusiyyətlərə, məsələn, porşen kompressorların sakit gedişli sinxron mühərrikləri malikdir.

EAQ qurğusunun işini sürətləndirmək üçün sinxron yükün olması zamanı EAQ qurğusu sxemində əsas mənbədən qidalanmanın olmadığını aydınlaşdıran orqanlar nəzərdə tutulur. Bu orqanlar girişin bu mənbədən açılması ilə eyni vaxtda paylayıcı yarımstansiyanın verilmiş sxeminə birləşdirilmiş sinxron mühərriklərdən təsirlənmənin müvəqqəti olaraq açılmasını yerinə yetirir.

Sinxron mühərriklərin tam açılması ilə onların əl ilə qoşulmasını qənaətbəxş həll hesab etmək olmaz, belə ki, cavabdeh mexanizmlərin sinxron intiqallarla birlikdə uzun müddətə dayanması, bir qayda olaraq, texnoloji prosesin pozulmasına şərait yaradır. Belə hal yalnız o zaman yararlıdır ki, açılan mexanizm digər mexanizm ilə əvəz olunur (məsələn, əgər paylayıcı yarımstansiyanın seksiyalarından birinə qoşulmuş sinxron intiqallı mexanizm paylayıcı yarımstansiyanın digər seksiyasına qoşulmuş mexanizm ilə birlikdə ümumi şinə işləyir və mexanizmlərdən birinin dayanması texnoloji prosesi pozmur).

Qeyd etmək lazımdır ki, seksiyada gərginliyin aşağı düşməsini gözləyən, qidalanmanı itirən gərginlik releləri sönməyən sahəyə malik sinxron mühərriklərin açılmaması zamanı uzun müddət işləməyə bilər, belə ki, gərginlik ətalət üzrə

fırlanan sinxron mühərriklər tərəfindən bir neçə saniyəyə saxlanılacaq.

EAQ qurğusunun gərginlik relesindən işəsalma ilə işinin sürətləndirilməsi üçün qidalandırıcı xətdə və ya transformatorda mühafizə qurğusunun işləməsindən sonra sinxron mühərriklərdən təsirlənmənin açılmasını və əsas ehtiyat qida girişlərinin açarlarının eyni vaxtda açıq vəziyyətində olmasını nəzərdə tutmaq lazımdır.

İki seksiyalı yarımstansiyanın EAQ-nın yerinə yetirilməsi zamanı (seksiya şinləri cavabdeh mexanizmlərin sinxron mühərriklərini qidalandırır) nəzərə almaq lazımdır ki, seksiya açarının qoşulması zamanı hər iki seksiyaya eyni gərginlik tətbiq edilir. Bu zaman əsas qidalanmasını itirən seksiyada sinxron mühərriklər təsirlənmə çıxarılmaqla asinxron işəsalma rejimə keçirilir, lakin ehtiyat seksiyanın bütün mühərrikləri (asinxron və sinxron) aşağı gərginliklə qidalanmağa başlayacaq. Əgər gərginliyin səviyyəsi nominal gərginliyin 70%-dən aşağı olarsa və ehtiyat seksiyanın mühərriklərinin işə düşməsi uzanarsa, ehtiyat seksiyanın sinxron mühərriklərinin sinxronizmdən çıxması mümkündür.

EAQ qurğusunun iş şəraitini yaxşılaşdırmaq üçün seksiya açarının qoşulması anında seksiya şinlərini mümkün qədər böyük gərginliklə təmin etmək lazımdır. Bunun üçün ehtiyat seksiyanın sinxron mühərriklərinin tənzimlənməsini qabaqlayan forsirovka metodu tətbiq edilə bilər.

Ehtiyat seksiyanın sinxron mühərriklərinin təsirlənməsinin tiristor sistemi halında nəzərə almaq lazımdır ki, tiristorları qidalandıran gərginliyin nominaldan 80-85% aşağı enməsi zamanı onlar fəaliyyət göstərmirlər və mühərrik enerjisistemin qidalandırıcı gərginliyinə nəzərən sinxronizmdən çıxır, təsirlənməsini itirir. Bu səbəbdən ehtiyat seksiyada öz-özünə işə düşən yükün hesablanması üçün elə qiymət qəbul edilməlidir ki, bu zaman seksiya açarının EAQ vasitəsilə qoşulmasından sonra seksiya şinlərdə gərginlik nominalın 80-85%-dən aşağı olmasın.

Ehtiyat seksiyada təsirlənmiş sinxron mühərriklərin olması həmin seksiyanın asinxron və sinxron elektrik mühərriklərinin öz-özünə işədüşmə şərtlərini asanlaşdırır.

6.4. Normallaşdırılmış seriyalı idarəetmə stansiyaları ilə birlikdə EAQ qurğusu

Normallaşdırılmış seriyalı idarəetmə stansiyaları qidalanma gərginliyinin itməsi zamanı işıqlanma yüklərinin və güc elektrik avadanlıqlarının ehtiyat qidalanmaya keçməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Stansiyalar sabit və faza gərginliyi 220V–a qədər olan dəyişən cərəyan şəbəkələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. İki və ya üç qütblərin çevrilməsinin mümkünlüyü nəzərdə tutulmuşdur. EAQ qurğusu dözmə müddətli və dözmə müddətsiz yerinə yetirilə bilər.

Əsas qidalanma xəttinin cərəyansız qalması zamanı ehtiyat qidalanmanın girişə qoşulması üçün EAQ qurğusunun iş prinsipi şək. 6.6-da göstərilir.

Şinin normal qidalanması W1 girişindən, ehtiyat qidalanma W2 girişindən baş verir.

SA1 idarəetmə açarı vasitəsilə KM_{W1} kontaktorunun dolağı qoşulur. Qoşulma dövrəsi $BK2_{W2}$ qapalı kontakt (W2 girişinin kontaktoru açıqdır), SX1 qoşulu vəziyyətdə olan çevirgəc, KT2.1 qapalı kontakt (W2 girişinin idarəetmə açarı qoşulu olmadığından KT2 relesi cərəyansızdır) ilə yaradılır.

KM_{W1} kontaktoru qoşulduqdan sonra onun $BK1_{W1}$ köməkçi kontaktları qapanırlar. SX2 çevirgəci ilə KT1 relesinin qoşulma dövrəsi yaranacaq, hansı ki, bu halda KT1.1 kontaktı ilə ehtiyat girişin KM_{W2} kontaktorunun dolaq dövrəsini açacaq. Avtomatik ehtiyat dövrəsini hazırlamaq üçün heyət W2 girişinin SA2 idarəetmə açarını qoşmalıdır.

İşçi giriş (W1 girişi) cərəyansız qaldıqda KM_{W1} kontaktoru lövbərini buraxır. Onun $BK1_{W1}$ köməkçi kontaktı KT1 relesinin dövrəsini açır. $BK2_{W1}$ köməkçi kontaktı ilə W2 giriş dövrəsində (ehtiyat qidalanma girişi) KM_{W2} kontaktorunun qoşulma dövrəsi hazırlanır.

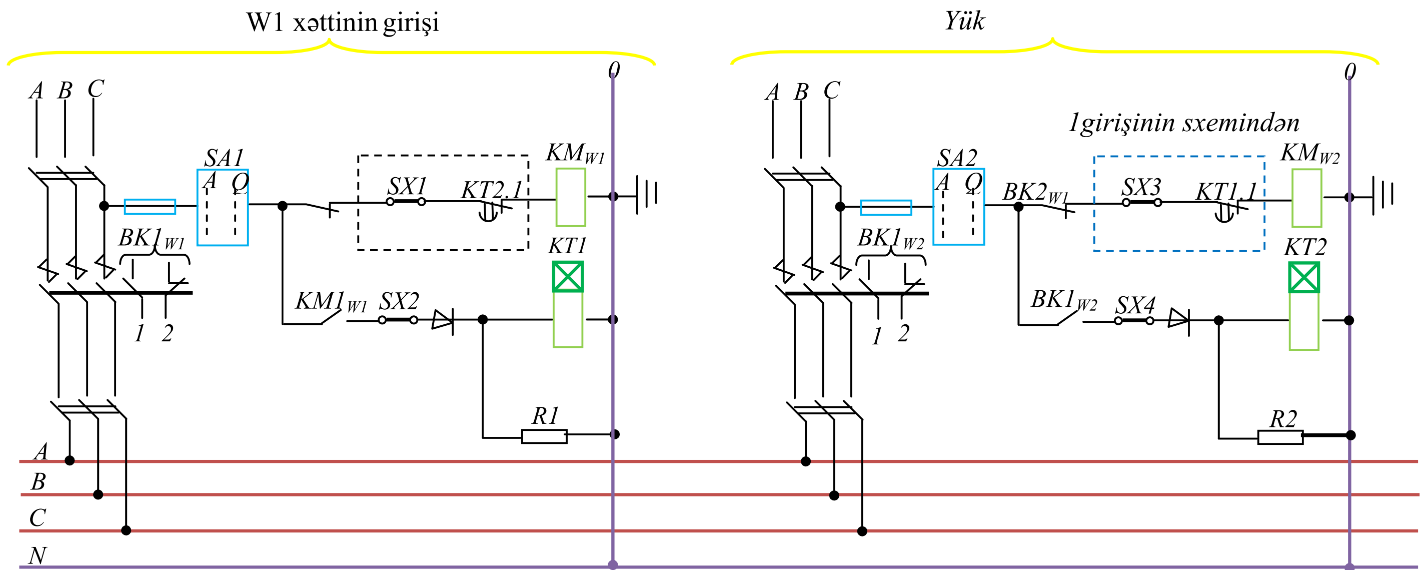
Lövbərin geriyə qayıtma müddəti bitdikdən sonra KT1 relesi KT1.1 kontaktı ilə W2 girişinin KM_{W2} kontaktorunun qoşulma dövrəsini qapayır.

KM_{W2} kontaktoru qoşulan zaman onun $BK1_{W2}$ köməkçi kontaktı qapanır və KT2 relesini qoşur. Bu rele KM_{W1} kontaktorunun qoşulması ilə sarğac dövrəsini açır. İndi W2 girişi əsas qidalanma, W1 isə ehtiyat qidalanma girişidir.

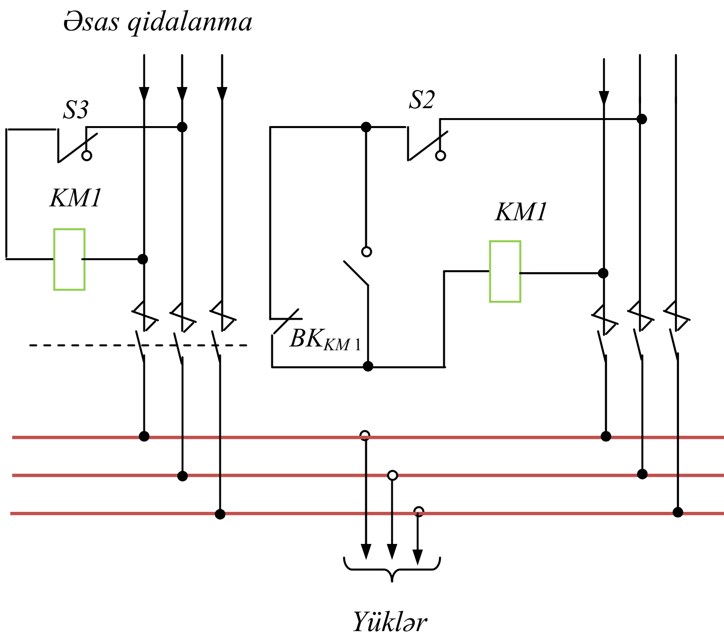
Təsirlənmiş sinxron və asinxron mühərriklərin ətalət üzrə fırlanması halında ehtiyat qidalanma mənbəyindən gərginliyin verilməsinin qarşısını almaq üçün KT1 və ya KT2 relesinin köməyi ilə ehtiyat mənbənin qoşulma müddəti 0,5 saniyə təyin olunur. Əgər EAQ qurğusunun işləməsinə dözmə müddəti tələb olunmursa, onda SX2 və SX4 çevirgəcləri çıxarılmalıdır.

EAQ-nın kontaktorlar vasitəsilə yerinə yetirlilməsinin sadələşdirilmiş sxemi şək. 8.7-də verilmişdir. Əsas qidalanma girişinin KM1 kontaktoru normal qoşuludur. Giriş cərəyansızlaşdıqda kontaktor lövbərini buraxır və özünün BK_{KM1} köməkçi kontaktını qapayır.

Bu, ehtiyat qidalanma girişini qoşan KM2 kontaktor dövrəsini qapayır. EAQ-nın işi KM1 kontaktorunun öz açılma vaxtı və KM2 kontaktorunun qoşulma vaxtı ilə təyin edilir. S1 ayırıcısının qoşulması ilə EAQ qurğusunun işdən ayrılması yerinə yetirilir.



Şək. 6.6. İdarəetmə stansiyasının tətbiqi ilə EAQ sxemi



Şək. 6.7. Kontaktora malik EAQ qurğusunun sxemi

Yoxlama sualları

1. EAQ-nin təyinatını izah edin.
2. EAQ sxeminin yerinə yetirilməsinə olan əsas tələblər hanılardır?
3. EAQ-nin birdəfəli təsiri necə təmin olunur?
4. Minimal gərginlik işəburaxma orqanının təyinatını izah edin.
5. EAQ-nin işəburaxma orqanının sxemində tezlik relesi nə üçün tətbiq olunur?
6. Gərginlik dövrələrində nasazlıqlar olduqda minimal gərginlik işəburaxma orqanının səhv işləməsinin qarşısı necə alınır?
7. Yarımstansiyalarda hansı növ EAQ-lər tətbiq olunur?

FƏSİL 7. TEZLİKDƏN YÜKAÇMA AVTOMATİKASI

7.1. Tezlikdən yükaçma avtomatikasının təyinatı və yerinə yetirilməsinin əsas prinsipləri

Enerjisistemdə fırlanan ehtiyat güc qaldıqca, gücün və tezliyin tənzimləmə sistemi tezliyin verilmiş səviyyəsini saxlayacaqdır. Fırlanan ehtiyat güc tam istifadə olunduqdan sonra müəyyən sayda generatorların açılması və ya yeni tələbatçıların qoşulması nəticəsində yaranan aktiv güc çatışmazlığı (defisiti) enerjisistemdə tezliyin aşağı düşməsinə səbəb olacaqdır.

Sistemdə tezliyin bir neçə onda bir hers səviyyəsində cüzi azalması iqtisadi göstəriciləri pisləşdirsə də, onun normal rejimi üçün təhlükə yaratmır. Lakin tezliyin 1-2Hs və ondan da aşağı düşməsi ciddi təhlükədir və enerjisistemin işinin tamamilə pozulmasına səbəb ola bilər.

İlk növbədə bu onunla şərtlənir ki, tezlik aşağı düşdükdə elektrik mühərriklərinin fırlanma tezliyi azalır və bu səbəbdən də onların hərəkətə gətirdiyi istilik elektrik stansiyaların xüsusi sərfiyyat avadanlıqlarının məhsuldarlığı aşağı düşür. Bunun nəticəsində istilik elektrik stansiyaların, xüsusilə yüksək təzyiqli stansiyanın istehsal etdiyi güc kəskin azalır ki, bu da enerjisistemdə tezliyin daha da aşağı düşməsinə gətirir. Beləliklə, “tezliyin selvari azalması” adlanan tezliyin kəskin azalması prosesi baş verir və bu enerjisistemin işinin tam pozulmasına gətirə bilər.

Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, müasir nəhəng buxar turbinlərinin işçi kürəklərinin zədələnmə təhlükəsi yarandığından, onlar uzun müddət aşağı tezlikdə işləyə bilmirlər.

Enerjisistemdə tezliyin aşağı düşməsi prosesi həm də gərginliyin azalması ilə müşahidə olunur ki, bu da əsas generatorlarla eyni valda yerləşdirilmiş təsirləndiricilərin fırlanma tezliyinin azalması səbəbindən yaranır. Əgər generatorların və sinxron kompensatorların təsirlənməsinin tənzimləyiciləri gərginliyi tələb olunan səviyyədə saxlaya bilmirlərsə, onda yenə “gərginliyin

selvari azalması” prosesi baş verir. Gərginliyin azalması reaktiv güc tələbatının azalması ilə müşayət olunduğundan, bu enerjisistemdə vəziyyəti daha da mürəkkəbləşdirir.

Kəskin aktiv güc çatışmazlığının yaranması ilə enerjisistemdə tezliyin qəza aşağı düşməsi cəld baş verir (bir neçə saniyə müddətində). Ona görə də növbətçi heyət bu qısa zaman kəsiyində hər hansı tədbir görə bilmədiyindən qəza rejiminin aradan qaldırılması avtomatika qurğuları vasitəsilə yerinə yetirilir.

Qəzanın inkişafının qarşısının alınması üçün elektrik stansiyasının malik olduğu bütün ehtiyatlar cəld səfərbər olunmalıdır. Bütün fırlanan aqreqatlar yol verilən qısamüddətli ifrat yükləmələri nəzərə almaqla son həddə qədər yüklənilir.

Fırlanan ehtiyat olmadıqda tezliyin bərpa olunmasının mümkün yeganə üsulu ən az məsul tələbatçıların açılmasıdır. Bu da tezlikdən yükaçma avtomatikası (TYA) adlanan, tezlik təhlükəli həddə qədər azaldıqda işləyən xüsusi qurğuların tətbiqi ilə həyata keçirilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, TYA-nın işləməsi həmişə müəyyən iqtisadi ziyanla şərtlənir. Belə ki, sənaye müəssisəsini, kənd təsərrüfatı işlədicilərini və digər istehlakçıları qidalandıran xəttin açılması az məhsul istehsalına, zay məhsulun əmələ gəlməsinə və s. səbəb olur. Lakin buna baxmayaraq, aktiv güc çatışmazlığının aradan qaldırılması üzrə təcili tədbirlər görülmədikdə enerjisistemin işinin tamamilə pozulmasından yarana biləcək daha böyük ziyanların qarşısının alınması məqsədilə TYA avtomatikası geniş tətbiq olunur.

Tezliyin azalma dərinliyi qəzanın ilk anında nəinki güc catışmazlığından, həm də yükün xarakterindən asılıdır. Elektrik işıqlanma cihazları və təmiz aktiv güc tələb edən digər qurğular kimi bir qrup istehlakçıların yük tələbatı tezlikdən asılı deyil və tezliyin azalması ilə sabit qalır.

Dəyişən cərəyan elektrik mühərriklərində olduğu kimi digər qrup istehlakçıların da tələbatı tezlik aşağı düşdükdə azalır. Enerjisistemdə qeyd edilən qrup yüklərin payı çox olduqca, eyni səviyyədə aktiv güc çatışmazlığının yaranmasına baxmayaraq

tezlik daha çox azalacaq. İkinci qrup istehlakçıların yükü tezliyin azalmasına qarşı müəyyən dərəcədə hamarlama effektinə malikdir, belə ki, eyni zamanda elektrik mühərriklərinin şəbəkədən işlətdikləri güc azalacaq.

Tezliyin azalması ilə yükün tələb etdiyi gücün azalması, başqa sözlə yükün tənzimləyici effekt $K_{yük}$ əmsalı ilə xarakterizə olunur və aşağıdakı nisbətlə ifadə edilir:

$$K_{yük} = \frac{\Delta P\%}{\Delta f\%}$$

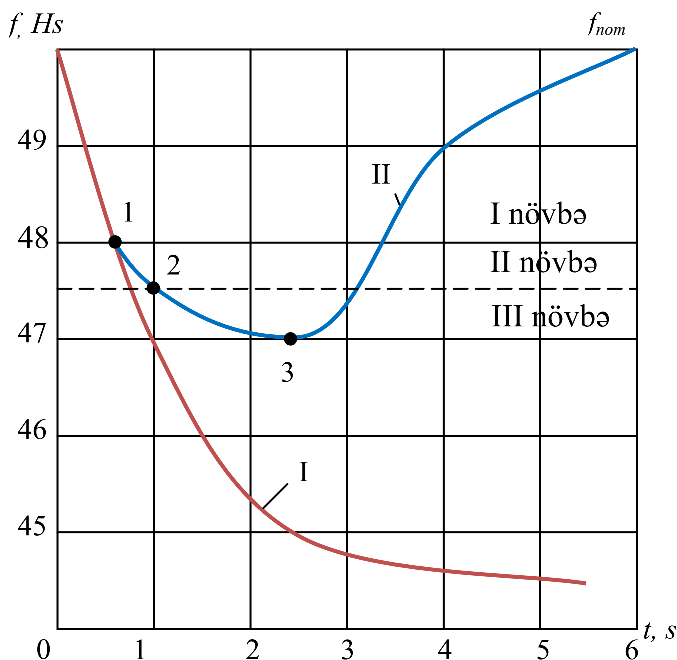
Yükün tənzimləyici effekt əmsalı tezliyin hər bir faiz azalması ilə yükün tələb etdiyi aktiv gücün neçə faiz azalmasını göstərir. $K_{yük}$ əmsalının qiyməti xüsusi təcrübi sınaqlarla təyin olunur və hesabatlarda 1,5-2,5 aralığında qəbul edilir.

TYA qurğusu enerjisistem və ya onun ayrı-ayrı rayonları üzrə daha çox aktiv güc çatışmazlığı mümkün ola biləcək yerlərdə quraşdırılmalıdır. Burada TYA-nın işləməsi nəticəsində açılan tələbatçıların gücü elektrik stansiyasının xüsusi sərfiyyat mexanizmlərinin işinin pozulma təhlükəsinə gətirə biləcək tezlik azalmasının qarşısının alınması üçün kifayət etməlidir. TYA qurğusu elə hesabatla yerinə yetirilir ki, tezliyin hətta qısamüddətli 45Hs-dən aşağı düşməsi mümkünlüyü tam istisna olunur, 47Hs-dən aşağı düşməsi 20 saniyəni, 48,5Hs-dən aşağı düşməsi isə 60 saniyəni keçmir.

TYA yerinə yetirilərkən generasiya güclərinin bütün mümkün real qəza açılmaları halları, enerjisistemin aktiv güc çatışmazlığı yarada biləcək hissələrə bölünməsi mümkünlüyü nəzərə alınmalıdır. Güc çatışmazlığı böyük olduqda çox sayda da tələbatçılar açılmalıdır. TYA-nın təsiri ilə açılmış tələbatçıların yekun gücünün təqribən qəza nəticəsində yaranmış aktiv güc çatışmazlığına uyğun olmasının təmin edilməsi məqsədilə, bir qayda olaraq, TYA çox pilləli hazırlanır. TYA pillələri işləmə tezliyi

üzrə qoyulmuş qiymətləri ilə fərqlənən bir neçə növbələrdən ibarət olur.

Şək. 7.1-də enerjisistemdə qəflətən aktiv güc çatışmazlığı yarandıqda tezliyin dəyişmə prosesini xarakterizə edən əyrilər verilmişdir. Əgər enerjisistemdə TYA nəzərdə tutulmursa, aktiv güc çatışmazlığı ilə əlaqədar tezliyin azalması elə qərarlaşmış qiymətə qədər davam edəcək ki, yükün tənzimləyici effekti və turbinin fırlanma tezliyi tənzimləyicilərinin təsiri hesabına tezliyin yeni azalmış qiymətində generasiya və istehlak güclərinin balansı yenidən bərpa olunur (I əyrisi). Bu halda enerjisistemdə normal tezliyin bərpası üçün yekun istehlak gücü 50Hs tezlikdə tezliyin qəza azalmasına səbəb olan defisit gücə bərabər tələbatçıları əl ilə açmaq lazımdır.



Şəkil 7.1. Aktiv güc çatışmazlığı yarandıqda tezliyin dəyişməsi:
I – TYA olmadıqda; II – TYA olduqda

TYA olan halda tezliyin dəyişmə prosesi başqa formada gedəcək (II əyrisi). Məsələn, tutaq ki, TYA işləmə qiymətləri uyğun olaraq 48; 47,5 və 47Hs olan üç növbədən ibarətdir. Tezlik 48Hs-ə qədər düşdükdə (1 nöqtəsi), TYA-nın I növbəsi işləyir və müəyyən sayda tələbatçıları açır. Nəticədə aktiv güc çatışmazlığı azaldığından tezliyin azalma sürəti də zəifləyir. 47,5Hs tezlikdə (2 nöqtəsi) TYA-nın II növbəsi işləyərək əlavə olaraq, tələbatçıları açır, aktiv güc çatışmazlığı və müvafiq olaraq tezliyin azalma sürəti daha da azalır. 47Hs tezlikdə (3 nöqtəsi) TYA-nın III növbəsi işləyir və elə gücdə tələbatçıları açır ki, nəticədə nəinki tezliyin azalması dayanır, həm də nominal qiymətə qədər bərpa olunur.

Enerjisistemdə qəza aktiv güc çatışmazlığının ləğvi üçün istifadə olunan TYA qurğusu üç əsas kateqoriyaya bölünür. Tezlikdən yükaçma avtomatikasının birinci kateqoriyası TYA 48,5Hs-dən (ayrı-ayrı hallarda 49,2-49,3Hs) 46,5Hs-ə qədər qoyuluş qiymətli olub, cəld təsirlidir (*t=0,1-0,3 san*). TYA I növbələrinin vəzifəsi qəzanın ilk inkişaf müddətlərində tezliyin dərin azalmalarının qarşısının alınmasıdır. Ayrı-ayrı TYA növbələrinin qoyuluş işləmə qiymətləri bir-birindən 0,1Hs fərqlənir.

TYA I-ə qoşulan güc növbələr arasında təqribən bərabər paylanılır.

Tezlikdən yükaçma avtomatikasının ikinci kateqoriyası TYA II-tezlik uzun müddət aşağı qiymətdə qalarsa və ya məsələn, təqribən 48Hs səviyyəsində “ilişib” qalarsa, tezliyin normal qiymətinin bərpa olunması funksiyasını yerinə yetirir. TYA II kateqoriyası müəyyən sayda tələbatçılar TYA I-dən açıldıqdan sonra (tezliyin azalması dayanır və 47,5-48,5Hs səviyyəsində qərarlaşır) işləyir.

Bütün TYA II növbələrinin qoyuluş qiymətləri eyni və TYA I-in yuxarı qoyuluş qiymətinə bərabər və ya bir qədər böyük (0,5Hs-ə qədər), lakin 48,8Hs-dən artıq olmamaqla qəbul edilir. TYA II növbələrinin dözmə müddətləri bir-birindən 3 saniyə fərqlənir və 5-90 saniyə qəbul edilir. TYA II-nın dözmə müddəti

elə böyük intervalda götürülür ki, bu müddət ərzində enerjisistemdə olan aktiv güc ehtiyatları səfərbər olunsun (bütün işləyən aqreqatlar yüklənmişdir, ehtiyat hidroaqreqatlar işə salınmış və yüklənmişdir). Bu halda ən böyük dözmə müddətini (70-90 san) SES güclərinin mümkün səfərbərliyi şərtləri əsasında qəbul etmək lazımdır.

Tezlikdən yükaçmanın qeyd edilən TYA I və TYA II kateqoriyalarından başqa, istismarda əlavə yükaçma da tətbiq edilir (əlavə kateqoriya). Belə əlavə TYA kateqoriyası enerjisistem rayonunda və ya ayrıca bir yarımstansiyada böyük aktiv güc çatışmazlığı yarandıqda və TYA I, TYA II növbələrinə qoşulmuş güclərin aşçılması bu rayonda mümkün aktiv güc çatışmazlığı üçün kifayət etmədikdə yerli açılmaları həyata keçirmək üçün tətbiq olunur.

TYA qurğusunun işi digər əks-qəza avtomatikası növləri ilə uzlaşdırılmalıdır. Belə ki, məsələn, TYA-nın effektiv işləməsi üçün tezliyin qəza azalması zamanı açılmış tələbatçıların yükü ATQ və EAQ tərəfindən hiss olunmamalıdır. Ona görə də TYA-nın təsiri ilə açılmış xəttin ATQ-si bloklanmalıdır. EAQ sxemlərində ehtiyat mənbəni təmin edən xətt və transformatorlar əsas qidalandırıcı xətt və transformatorlar kimi həmin TYA növbələri tərəfindən açılmalıdırlar.

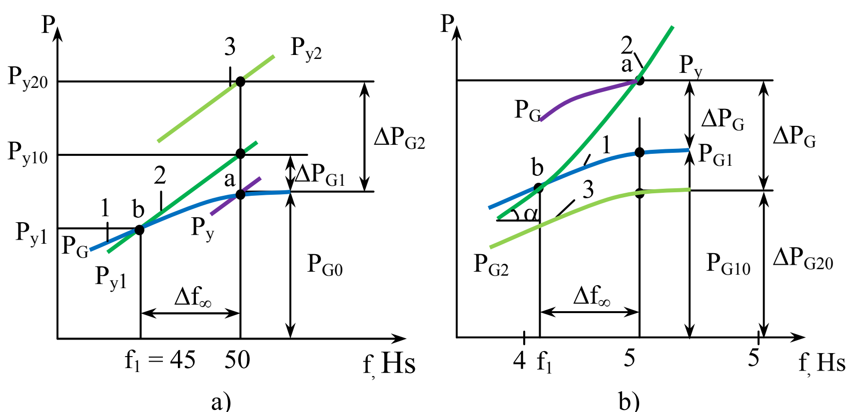
7.2. Elektoenergetika sistemində tezliyin dəyişmə prosesi

Həyəcanlandırıcı təsirlər nəticəsində elektroenergetika sistemində güclər balansının pozulması nəticəsində sinxron generatorların fırlanma tezliyinin artması və ya azalması ilə müşayət olunan elektromexaniki keçid prosesləri başlayır. Hər iki hal sistemdə qəza vəziyyəti hesab olunmur, belə ki, normal yüklənmiş elektroenergetika sistemi qeyd edildiyi kimi yükün tənzimləyici effekti hesabına öz-özünə qəzadan sonrakı qərarlaşmış rejimini bərpa etmək xüsusiyyətinə malikdir. Başqa

sözlə, tələbatçı tezlik aşağı düşdükdə yükünü azaltmaq və tezlik artıqda isə öz məhsuldarlığını artırmaq kimi təbii xüsusiyyətə malikdir. Tələbatçının aktiv gücünün tezlikdən asılılığı aşagıdakı düsturla ifadə olunur:

$$P_{yük} = P_{yo} \sum_{i=0}^{n} \alpha_i \left(\frac{f}{f_0} \right)^i \qquad (7.1)$$

burada, P_{yo} – tezliyin f_0 qiymətində tələbatçının aktiv gücü; α_i - ümumi yükün tezlikdən asılı olan hissəsidir.



Şəkil 9.2. Elektroenergetika sisteminnin generasiya hissəsinin və yükünün statik tezlik xarakteristikaları

a - tələbatçı gücünün açılması; b - generatorun gücünün azaldılması

Şək. 7.2-də sinxron generatorun istehsal etdiyi P_G gücünün (1 əyrisi) və işlədicilərin tələb etdikləri $P_{yük1}$, $P_{yük2}$ güclərinin (2,3 əyrilləri) tezlikdən statik asılılıqları verilmişdir. Məhdud güc qeyri-balanslığı zamanı $\Delta P_{G1} = P_{yük1,0} - P_{G,0}$ (şək. 7.2,a) və ya $\Delta P_{G1} = P_{GP} - P_{1,0}$ (şək. 2,b) göstərilən asılılıqların 1, 2 qrafikləri nəinki a nöqtəsində (normal rejim), həm də b nöqtəsində ($f > f_{nom}$

tezliyindəki qəzadan sonrakı qərarlaşmış rejim) generasiya gücü çatışmazlığı zamanı $\Delta P_{G2} = P_{y2,0} - P_{G,0} \rangle P_{G1}$ (şək. 2,a) və ya $\Delta P_{G2} = P_{G0} - P_{G20}$ (şək. 7.2,b) 2, 3 xarakteristikaları aralanır, tezliyin selvari azalması nəticəsində qəza prosesi inkişaf edir - ümumsistem qəza baş verə bilər. Elektroenergetika sistemini "xilas etmək" üçün P_{G2} defisitini azaltmaq lazımdır ki, bu funksiya da TYA qurğuları tərəfindən həyata keçirilir.

EES-də güc artıqlığı səbəbindən sinxron generatorların fırlanma tezliyinin artması da qəzadan sonrakı rejimdə statik dayanıqlığının saxlanması nöqteyi-nəzərindən təhlükəlidir. Bu halda hidrogeneratorların tezlikdən avtomatik açılması (HTAA) yerinə yetirilir.

Tezliyin dinamik dəyişmə (xüsusən, azalması) prosesi (şək. 7.1) EES-in elektromexaniki ətalət momenti *İ* ilə təyin olunan T_I zaman sabitli eksponensial funksiya ilə ifadə olunur. Bu, güc çatışmazlığı ilə əlaqədar yaranan elektromexaniki keçid prosesləri zamanı, EES-in hərəkətinin diferensial tənliyinin həllindən ibarətdir:

$$J \frac{d\omega}{at} = \Delta P_G / \omega \tag{7.2}$$

$\omega = f_* \omega_{nom}$; $J\omega^2 / \mathrm{P}_{y,nom} = \mathrm{T}_J$ və $df / dt = d\Delta / dt$ nəzərə alıb, $\omega / \mathrm{P}_{y,nom} - a$ vurmaqla tənlik operator formasında aşağıdakı kimi olar:

$$\mathrm{PT}_J \Delta f_* \left(\overline{\mathrm{P}}\right) = \Delta \mathrm{P}_{*nom} \left(\overline{\mathrm{P}}\right) \tag{7.2a}$$

burada $\Delta \mathrm{P}_{*nom} = \Delta \mathrm{P}_G / \mathrm{P}_{y,nom}$; $\mathrm{P}_{y,nom}$ - yükün nominal gücü-dür.

(7.2a) ifadəsinə uyğun olaraq, elektroenergetika sistemi struktur cəhətdən qeyri-dayanıqlı inteqrallayıcı bəndlə təsvir olunur:

$$\Delta f_*(\overline{P}) = \Delta P_{*nom}(\overline{P}) / \Delta f_* \qquad (7.3)$$

Yəni, yeni qəzadan sonrakı qərarlaşmış rejim $\Delta P_{nom} = const$ halında mümkün deyil.

Lakin tezlik aşağı düşürsə ΔP_* güc çatışmazlığı da azalır:

$$\Delta P_* = \Delta P_{*nom} - K_{yük} \Delta f_* \qquad (7.3a)$$

burada $K_{yük} = dP_* = tf_* = tg\alpha$ - yükün təmizləyici effekt əmsalıdır (şək. 7.2b).

(7.3a) ifadəsini (7.3)-də yerinə yazsaq, elektroenergetika sistemi birinci tərtib ətalətli bəndlə təsvir olunur:

$$\Delta f_*(\overline{P}) = \frac{\Delta P_{*nom}}{K_{yük}} \frac{1}{T_* P + 1} \qquad (7.4)$$

burada $T_t = T_J / K_{yük}$ – tezliyin dəyişməsinin zaman sabitidir.

Qəzadan sonrakı qərarlaşmış rejimdə *($t \to \infty$* olduqda *$P \to 0$)* tezlik aşağıdakı qiymətlərdə azalmış olur:

$$\Delta f_{*\infty} = \Delta P_{*nom} / K_{yük} \qquad (7.5)$$

(7.3a) ifadəsinin (7.3)-də yazılması inteqrallayıcı bəndin $K_{ə.ə} = K_{yük}$ ötürmə əmsallı sərt mənfi əks əlaqə ilə əhatə olunmasına ekvivalentdir və onu göstərilən aperiodik bəndə çevirməklə elektroenergetika sistemində elektromexaniki keçid prosesinin sönməsini təmin edir.

(7.4) tənliyi həll etməklə, tezliyin eksponensial dəyişməsi müəyyən edilir:

$$f = f_{nom} \mp \Delta f_* \left(1 - e^{-\frac{t}{T_t}} \right) \quad (7.6)$$

$\mp$ işarəsi uyğun olaraq, güc çatışmazlığı və artıqlığını göstərir.

(7.2a) və (7.5)-i nəzərə almaqla (7.6) funksiyasının törəməsinin xassəsinə baxaq:

$$\frac{df}{dt} = \mp \Delta P_{*nom} \frac{f_{nom}}{K_{yük} T} e^{-\frac{t}{T_*}} \quad (7.7)$$

t=0 halında bu funksiyanın maksimal qiyməti

$$\left(\frac{df}{dt} \right)_{t=0} = \mp \Delta P_{*nom} \frac{f_{nom}}{K_{yük} T_t} \quad (7.8)$$

yaranan ΔP_{*nom} güc qeyri-balansı haqqında məlumat verir və bu qeyri-balanslılıq (7.8) ifadəsinə uyğun olaraq, *f* tezliyinə mütənasib olaraq azalır.

Beləliklə, güc çatışmadığı zamanı tezlikdən əks-qəza yükaçma və hidrogeneratorların cəldləşdirilmiş işəburaxılmaları və güc artıqlığı zamanı hidrogeneratorların açılması avtomatikalarının vəzifəsi-tezliyin azalması və ya artmasının dayandırılması, sonra isə onun nominal qiymətə çatdırılması məqsədinə uyğun olaraq idarəedici təsirlər göstərməkdən ibarətdir.

7.3. Tezlikdən yükaçma avtomatikasının sazlanması

TYA qurğusunun effektivliyi və güclər balansının pozulma dərəcəsinə uyğun yaranmış generasiya gücü çatışmazlığına görə açılan yüklər üzrə göstərilən uyğunlaşma xassəsi onun sazlanması ilə, başqa sözlə TYA I, TYA II və TYA III kateqoriyalarının avtomatlarının (növbələrinin) sayının təyin olunması ilə; tezlik relesinin və tezlikdən ATQ qurğusunun müəyyən olunmuş işləmə tezliklərinin təyini ilə; TYA II və tezlikdən ATQ avtomatlarının dözmə müddətlərinin müəyyən olunması və qoyulması ilə (TYA I və TYA III avtomatları cəldtəsirlidir) təmin edilir.

TYA I avtomatlarının sayı texniki tərəfdən yalnız minimal tezlik relelərinin işləmə qiymətinin xətası ilə məhdudlaşır. Açılan yüklərin yekun gücünün yaranmış defisitə maksimal yaxınlaşması üçün çoxlu sayda TYA I avtomatlarının olması zəruridir. Müasir daha dəqiq analoq mikroelektron tezlik releləri, xüsusilə rəqəmsal TYA-nın ölçü orqanı qoyuluş tezliyini $\Delta f_q=0,1Hs$ səviyyəsində artırmağa imkan verir. TYA I-in $f_{qI1}=48,5Hs$-dən $f_{qIn}=46,5Hs$ diapazonda işləməsi üzrə uzunmüddətli istismar təcrübəsi müəyyən etməyə imkan verir ki, TYA I avtomatlarının maksimal sayı

$$\mathrm{N} = \left[\left(f_{q\mathrm{I}1} - f_{q\mathrm{I}n}\right)\right] / \Delta f_{q\mathrm{I}} + 1 = 21 \qquad (7.9)$$

TYA-nın texniki-iqtisadi göstəriciləri nöqteyi-nəzərindən daha vacib açılan yüklərin yekun gücünün defisit generasiya gücünə maksimal yaxınlaşması – hər bir avtomatın açdığı yüklərin təyinindən ibarətdir. Onlar yükün tənzimləyici effektini və əvvəlki avtomatın açdığı güclərdən (tezliyin azalma prosesi gedişində) asılı olaraq hesablanır:

$$P_{\text{açm}1} = K_{\text{yük}} \Delta f_{*1} = 0,02 K_{\text{yük}} \left(f_{nom} - f_{q\mathrm{I}1}\right) \qquad (7.10)$$

$$K_{yük} = 1{,}5 \div 2{,}0 \quad \text{və} \quad f_{qI1} = 48{,}5Hs \quad \text{nəzərə alsaq,}$$

$$P_{\text{açm1}} = (0{,}045 - 0{,}06)P_{\text{yük,nom}}$$

burada, $P_{yük,nom} = P_{yo}$ - həyəcanlandırıcı təsirin yaranma anında tələbatçıların gücüdür.

TYA I-in ikinci növbəsinin açdığı $P_{açm2}$ gücü $P_{açm1}$ gücünü nəzərə almaqla hesablanır:

$$P_{*açm2} = 2K_{yük}\left(f_{nom} - f_{qI2}\right)\left(1 - P_{*açm1}\right)$$

burada, $f_{qI2} = f_{qI1} - \Delta f_q = 48{,}4Hs$.

n-ci avtomatın açdığı güc analoji olaraq təyin edilir:

$$P_{*açmn} = 2K\left(f_{nom} - f_{qIn}\right)\left(1 - \sum_{j=1}^{n=1} P_{*açmj}\right)$$

Eyni qayda ilə (7.10) düsturu və TYA olmayan hal üçün qərarlaşan f_∞ tezliyinə görə yaranmış defisit generasiya gücünə bərabər ümumi açılan güc hesablanır:

$$P_{\text{açm}\Sigma} = P_{def} = 2K_y\left(f_{nom} - f_\infty\right)P_{*\text{açm}j}$$

Sadəlik üçün praktikada ümumi açılan gücün TYA I növbələri arasında bərabər paylanmasına yol verilir:

$$P_{ачmi} = P_{ачm\Sigma} / N$$

Bəzən potensial kəskin defisitli rayonlarda işləmə tezliyi $f_q=49Hs$ olan daha bir (xüsusi) cəld TYA növbəsi də nəzərdə tutulur. Bu növbə bəzi tələbatçılar qoşulmuş sistemlərarası xətti azad etmək üçün nəzərdə tutulur.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi TYA II ikinci kateqoriya tezliyin normal qiymətini bərpa etmək təyinatına uyğun olaraq, $f_{qII}=49,2Hs$ işləmə tezlikli, dözmə müddəti ilə əlavə yükləri açan, adətən üç avtomatdan ibarət olur. Onlardan birincisi, adətən üçqat zaman sabiti ilə xarakterizə olunan, yəni $t_{q1}=3T_t$ tezliyin azalmasının eksponensial sönmə müddəti və bir T_t zaman sabiti üzrə ifadə olunan TYA I-in işləmə müddəti ilə təyin edilir, hidrogeneratorların avtomatik işə salınması və yüklənməsi üçün isə kifayət edən $t_q=90$ saniyəyədək çatır.

TYA II-nin açdığı yük istismar təcrübəsi əsasında $P_{ачтΣ2} \approx 0,4P_{ачтΣ}$ qəbul edilir və üç avtomat arasında bərabər paylanılır. Beləliklə, ayrı-ayrılıqda yerinə yetirilən TYA I və TYA II kateqoriyalarına qoşulan ümumi güc yaranmış defisit generasiya gücünü demək olar ki, 1,5 dəfə keçə bilər. TYA I və TYA II-nın işləməsi halında isə tezliyin azalması və bərpası prosesində potensial açılması mümkün olan ümumi güc 1,2 P_{def} -ə qədər azalır.

Tezliyin selvari azalması üzrə potensial ciddi təhlükəli enerji rayonlarında qoyulan ətalətsiz TYA I və TYA II avtomatları tezliyin $(df/dt)_{t=0}$ törəməsi ilə təyin olunan, onun cəld azalması ilə baş verən keçid prosesinin başlanğıc anında tezliyin maksimal dəyişmə sürəti üzrə işləmə qoyuluş qiymətlərinə malikdir.

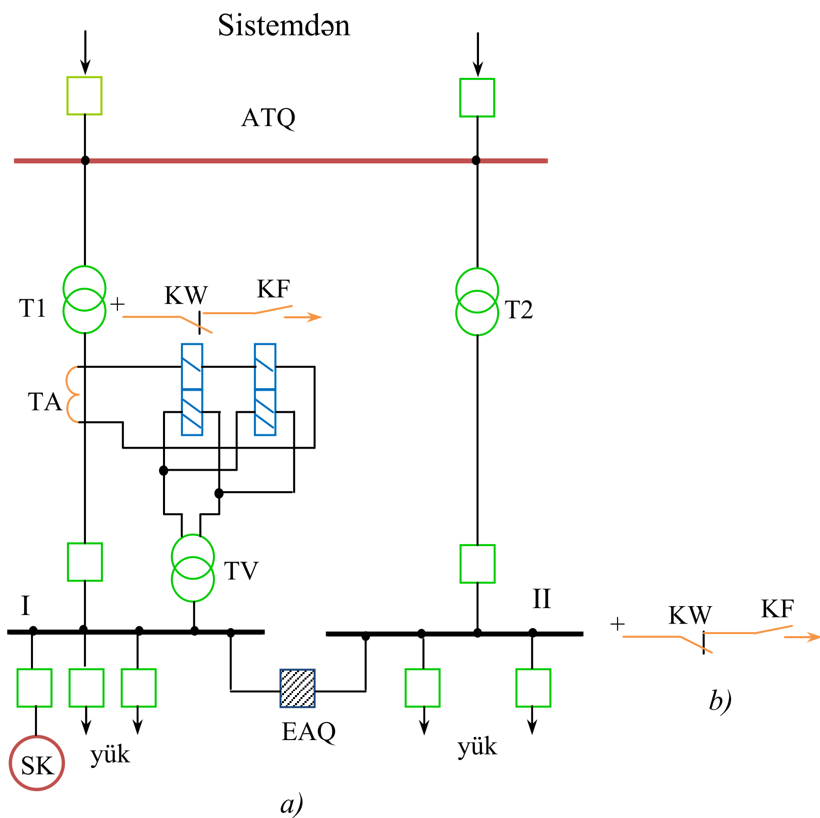
Tezlikdən avtomatik təkrarqoşma avtomatikası 49,2Hs-dən başlayaraq müəyyən olunmuş işləmə tezliyinə (minimal tezlik relesinin qayıtması) malikdir. Ayrı-ayrı avtomatlar başlanğıc $t_{q1}=10\div20$ saniyədən $\Delta t=5san$ olmaqla, pilləli artan dözmə müddətlərinə malikdirlər.

7.4. Enerjisistemdə qısamüddətli tezlik azalmasından tələbatçıların səhvən açılmalarının qarşısının alınması

Enerjisistemlə əlaqə xətti açılan zaman (şək. 7.3-də hər iki xətt və ya Tİ transformatoru) elektrik təchizatı kəsilən tələbatçıların qidalandırılması xəttin və transformatorun ATQ-nin və ya seksiyalararası açarın EAQ-nin kiçik təsir müddətindən sonra bərpa oluna bilər. Lakin enerjisistemlə əlaqənin kəsilməsi müddətində yarımstansiya tələbatçılarının TYA-nın səhvən işləməsi nəticəsində açılması mümüköndür. Bu ona görə baş verir ki, qida mənbəyi açıldıqdan sonra sinxron kompensator və ya güclü sinxron mühərrik qoşulmuş yarımstansiya şinlərində gərginlik həmin an itmir, fırlanan kompensatorların və ya elektrik mühərriklərinin və onların hərəkətə gətirdiyi mexanizmlərin ətaləti hesabına müəyyən müddət saxlanılır.

Məlum olduğu kimi, asinxron mühərriklər 1 saniyəyə qədər kiçik müddətə, sinxron mühərriklər və kompensatorlar isə bir neçə saniyə ərzində yarımstansiya şinlərində 40-50% hədlərində gərginliyi saxlaya bilərlər. Bu halda elektrik mühərriklərinin və sinxron kompensatorların fırlanma tezliyi azaldığından onların yarımstansiya şinlərində saxladığı gərginliyin tezliyi də azalacaq. Ona görə də bu gərginliyə qoşulmuş TYA səhvən işləyə, ATQ və EAQ işləyənədək işlədiciləri aça bilər.

İstismar praktikasında baxılan hallarda TYA-nın səhvən işləməsinin qarşısının alınması üçün xüsusi bloklama tətbiq olunur. Şək. 7.3,b-də belə sxemlərdən biri göstərilib. KF tezlik relesinin kontaktına bloklayıcı KW istiqamətlənmiş güc relesinin kontaktı vasitəsilə "müsbət" verilir. Enerjisistemlə əlaqə transformatoru dövrəsinə qoşulmuş istiqamətli güc relesi (şək. 7.3,a) aktiv gücün istiqamətinə təsir edir. Enerjisistemlə əlaqə olduqda yarımstansiya aktiv güc tələb edir, istiqamətli güc relesi şəkil 7.3,b-dən göründüyü kimi öz kontaktını qapalı saxlayaraq, TYA-nın işləməsinə icazə verir.



Şək. 7.3. Sinxron kompensatorlu və ya sinxron elektrik mühərrikli yarımstansiyanın açılması zamanı TYA-nın işləməsinin qarşısının alınması

a – yarımstansiyanın sxemi; b – TYA-nın bloklanması

Yarımstansiya qidalandırıcı şəbəkədən ayrıldıqda transformatorlardan aktiv güc keçməyəcək və ya yüksək gərginlik şinləri tərəfə istiqamətlənəcək. Bu halda istiqamətli güc relesi öz kontaktını ayıraraq tezlik relesi kontaktından "müsbət"-i çıxarır və bununla da TYA-nın səhvən işləməsinin qarşısı alınır.

Bloklama olmadıqda TYA-nın səhvən işləməsi zamanı TYA-dan sonra ATQ tətbiq etmək olar.

7.5. Enerjisistemdə güc defisiti aradan qaldırıldıqdan sonra TATQ (TYA-dan sonra avtomatik təkrarqoşma)

TYA-nın işləməsi nəticəsində açılmış tələbatçıların elektrik təchizatının bərpa olunmasının sürətləndirilməsi üçün xüsusi növ avtomatika – TYA-dan sonra ATQ (TATQ) tətbiq edilir. TATQ qurğusu enerjisistemdə tezlik bərpa olunduqdan sonra işləyir və açılmış tələbatçıların qoşulması üçün idarəedici təsirlər göstərir.

TATQ qurğusu TYA-dan açılmış tələbatçıların elektrik təchizatının bərpası prosesini şərtləndirdiyindən çox effektiv avtomatika vasitəsidir. Ona görə də TYA qoşulmuş bütün enerji rayonlarında TATQ tətbiq etmək məqsədəuyğun hesab edilir. İlk növbədə məsul tələbatçılar qoşulmuş yarımstansiyalarda, daimi növbətçi heyəti olmayan yarımstansiyalarda, operativ–səyyar briqadaların yerləşdiyi ərazidən uzaq məsafələrdə olan yarımstansiyalarda TATQ-ni yerinə yetirmək xüsusilə vacibdir.

TATQ-nın işləməsini 49,5-50Hs tezliklər zamanı həyata keçirmək lazımdır. TATQ-nın zaman üzrə başlanğıc qoyuluş qiyməti 10-20 saniyə, son qoyuluş qiyməti isə konkret şəraitdən asılı olaraq qəbul edilir. Enerjisistem və ya ayrı-ayrı qovşaq daxilində TATQ-nin qonşu növbələri arasında minimal zaman intervalı 5 san qəbul edilir. TATQ növbələri üzrə tələbatçı güclər adətən bərabər paylanılır. TATQ-yə tələbatçı yüklərin qoşulma ardıcıllığı TYA növbələrinin əksinədir, yəni TYA-nın sonuncu

növbəsinə (avtomatika) qoşulmuş yüklər TATQ-nin birinci növbəsinə qoşulur.

TATQ-yə qoşulan yüklərin tərkibi hər bir konkret halda yerli şəraiti nəzərə almaqla təyin olunur (izolə olunmuş rayonda tezliyin təkrar azalması mümkünlüyü, elektrik veriliş xətlərinin artıq yüklənməsi, sinxronizmi tutmaqla ATQ-nin təsiri ilə paralel işləmənin bərpasının gecikməsi və s.).

TYA-nın çoxqat təkrarlanan təsirlərinin və ardınca açılmış tələbatçıların avtomatik qoşulmalarının qarşısının alınması üçün TATQ qurğusu birdəfəlilik xassəsinə malik olmalıdır. Bu isə bir qayda olaraq, TYA və ona uyğun TATQ qurğusunun işləmə tezliklərindəki böyük fərqlə təmin olunur.

TATQ, adətən TYA qurğusu tərəfindən açılmış birləşmələrdə qoyulmuş ATQ-nın köməyi ilə reallaşdırılır. TYA işlədikdə zaman relesi dövrəsinin TYA kontaktı vasitəsilə qırılması yolu ilə ATQ-nın təsiri qadağan olunur. Tezlik TATQ-nin işləməsindən bərpa olunduğu zaman ATQ-nin işləməsinə icazə verilir (idarəetmə açarı ilə açarın özünün vəziyyətləri arasındakı uyğunsuzluq dövrəsi qapanır).

TYA və TATQ qurğuları sabit və dəyişən əməliyyat cərəyanında yerinə yetirilə bilər.

7.6. TYA və TATQ sxemləri

Enerjisistemin rayon yarımstansiyasında qoyulmuş TYA sistemi adətən, yarımstansiya üçün ümumi olan mərkəzi quruluşdan və açılmanı yerinə yetirən, tezlik bərpa olunduğundan sonra isə ayrı-ayrı birləşmələri təkrar qoşan fərdi qurğudan ibarətdir. Mərkəzi qurğu yarımstansiyada quraşdırılmış TYA I və TYA II avtomatlarının sayından asılı olaraq bir və ya bir neçə tezlik relesindən ibarət ola bilər.

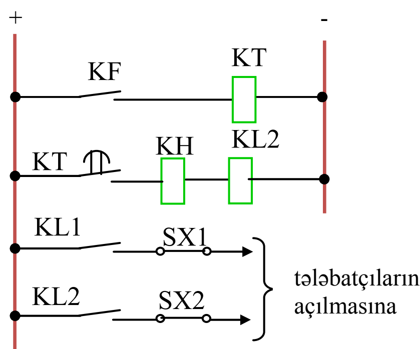
Şək. 7.4-də bir tezlik releli və bir növbəli mərkəzi qurğunun sxemi göstərilmişdir. Sxem TYA I və TYA II-nin bir növbəsini təşkil etməyə imkan verir.

Sxem KF tezlik, KT zaman, KL aralıq və KH göstərici relelərindən ibarətdir.

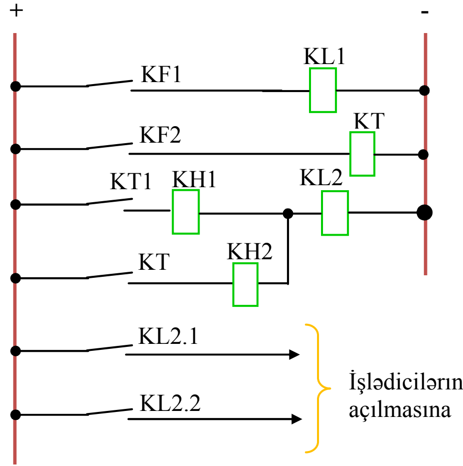
TYA sxemi aşağıdakı ardıcıllıqla işləyir. Enerjisistemdə tezlik yarımstansiyada qoyulmuş TYA avtomatının işləmə tezliyinə qədər (TYA I üçün 48,5-46,5Hs intervalında) aşağı düşdükdə KF tezlik relesi işləyir və öz kontaktlarını qapayaraq KT zaman relesini işə salır. Sonuncu kontaktını dözmə müddəti ilə qapayaraq KL aralıq relesini işə salır. KL aralıq relesi isə öz növbəsində KL1 və KL2 kontaktlarını qapayaraq tələbatçıların qidalandırıcı xətt dövrələrindəki açarların açılmasına siqnal göndərir. TYA-nın müəyyən hallarda işdən çıxarılması üçün SX1 və SX2 qapayıcıları nəzərdə tutulmuşdur.

Şəkil 7.4-də TYA-nın işləməsi KH göstərici rele vasitəsilə siqnallaşdırılır.

Şəkil 7.5-də TYA I və TYA II qurğularının birlikdə uzlaşdırılmış işini təmin edən iki releli sxem təsvir olunmuşdur. TYA-nın işləməsi KF1 tezlik relesi, KL1 aralıq relesi və KL2 çıxış relesi vasitəsilə həyata keçirilir. TYA II qurğusu isə KF2 tezlik və KT zaman relelərinin köməyi ilə yerinə yetirilir. TYA I və TYA II qurğularının işləməsi uyğun olaraq, KH1 və KH2 göstərici releləri ilə siqnallaşdırılır.



Şəkil 7.4. Bir avtomatlı (növbəli) mərkəzi TYA sxemi



Şəkil 7.5. İki tezlik releli TYA sxemi

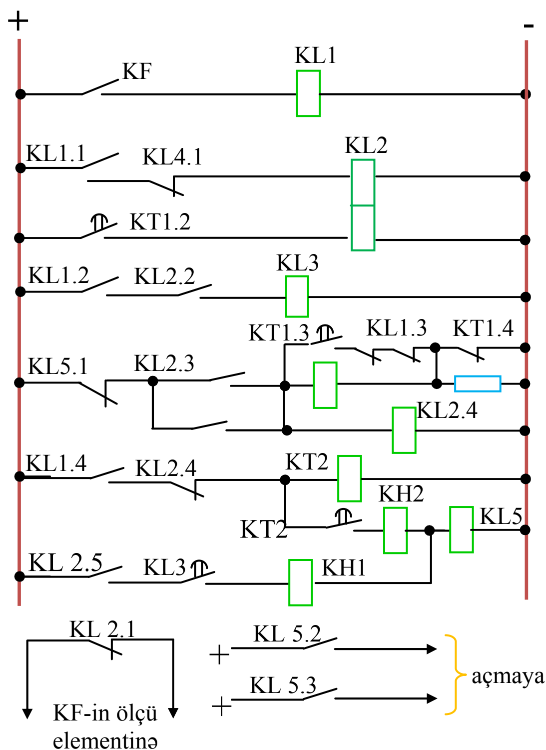
Əksər hallarda qoyuluş qiyməti avtomatik dəyişdirilən bir tezlik relesindən istifadə etməklə uzlaşdırılmış TYA sxemləri tətbiq olunur. Belə sxemlərdən biri şək. 7.6-da təsvir olunmuşdur. TYA sxemində ölçü elementlərində TYA I və TYA II qurğularının qoyuluş qiymətlərinə sazlanmış bir KF tezlik relesi istifadə edilir. Normal rejimdə KF relesi işləyənədək KL8 iki mövqeli relenin KL2.1 kontaktı qapalıdır. Bununla da hər iki ölçü elementinin işləməsinə hazır olması təmin edilir. Tezlik TYA II-nin qoyuluş qiymətinədək aşağı düşdükdə KF relesinin kontaktı qapanır və KL1 relesi KL1.1 kontaktı vasitəsilə KL2 relesinin yuxarı dolağına "müsbət" verir. Sonuncu isə öz kontaktlarını dəyişərək (çevirərək) TYA II qoyuluşlu ölçü elementini işdən çıxarır. Əgər tezlik TYA I-in qoyuluş qiymətindən aşağı düşərsə, KF-in kontaktı bu halda aralanmır və ya qısamüddətli aralanaraq yenidən qapanır. Bundan sonra kiçik dözmə müddəti ilə KL3 aralıq relesi işləyərək KH1 göstərici rele vasitəsilə KL5 çıxış relesinə impuls verir. Bununla sxemin işi tamamlanaraq sona çatır.

Tezliyin TYA I-in qoyuluş qiymətinədək azalmasına qədər sxem işini davam etdirəcək. KL2.3 kontaktının qapanması ilə KT1 zaman relesi öz ani qapanan KT1.1 kontaktı vasitəsilə özünü saxlayacaq. KT1.2 sürüşən kontaktına qoyulmuş dözmə müddəti keçdikdən sonra KL2 relesinin aşağı dolağına plyus verilir və öz kontaktlarını qapayaraq keçən TYA II qoyuluş qiymətli ölçü elementini yenidən işə daxil edir. KT1.2 sürüşkən kontaktı qapanmayanadək keçən bütün müddət ərzində TYA I-in qoyuluş qiymətinədək tezliyin azalması halında sxem dözmə müddəti olmadan açılmaya işləmək üçün hazır olacaq. KT1.2 sürüşkən kontaktı qapandıqdan və KL2 relesi dövrəsini dəyişdikdən sonra TYA I-dən açma dövrəsi işdən çıxarılacaq və işdə yalnız TYA II qalacaq. KL2-nin dövrəsi dəyişdikdən sonra KF (əgər tezlik TYA II-nin qoyuluş qiymətindən aşağı olarsa) və KL1 releləri yenidən işləyirlər və KT2 zaman relesi işə düşərək KH2 göstərici relesi vasitəsilə sxemi KL5 çıxış relesinə plyus verir. Dolağı KT1 relesinin dolağına paralel qoşulmuş KL4 aralıq relesi öz KL4.1 kontaktı ilə KL2 relesinin yuxarı dolağını açıq saxlayaraq onun təkrar işləməsinin qarşısını alır.

Sxemin ilkin vəziyyətə qayıtması KL5 relesi işlədikdən, yəni KT1 və KL4 dolaq dövrələrindəki KL5.1 kontaktını açdıqdan sonra həyata keçir. Enerjisistemdə TYA II-nin qoyuluş qiymətindən yuxarı və KF relesinin qayıtması baş vermədikdə, sxemin əvvəlki vəziyyətə geri qayıtması “KT1.3” dayaq kontaktı – KL1.3 açıcı kontaktı-KL2.4 açıcı kontaktı dövrəsi üzrə KT1-in dolağını şuntlamaqla həyata keçirilir. Baxılan sxemdə TYA II-nin dözmə müddəti KT2-də və KT1.2 sürüşkən kontaktında qoyulmuş dözmə müddətlərinin cəmi ilə təyin edilir. Şək. 9.7-də TATQ-dən ibarət TYA-nın bir növbəsinin sxemi təsvir olunmuş-

dur. Sxemdə qoyuluş qiyməti avtomatik dəyişdirilən bir tezlik relesindən istifadə olunur.

TYA-nın müvafiq növbəsinin qoyuluş qiymətinədək tezlik aşağı düşdükdə KF relesi işləyərək KT1 relesini işə salır. Zaman relesinin kontaktı qapandıqdan sonra KL1 və KL2 aralıq releləri işləyərək müəyyən qrup tələbatçıları açır.



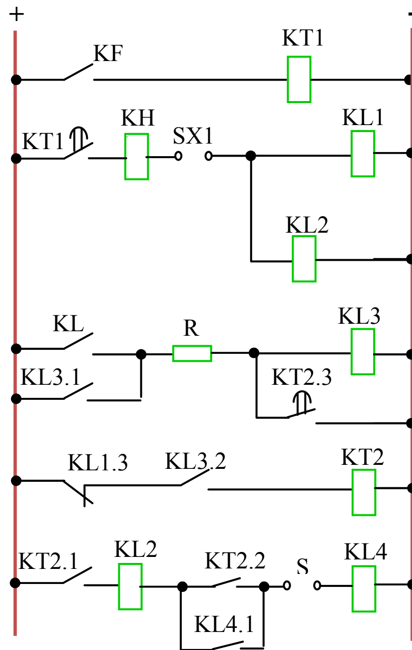
Şək. 7.6. Qoyuluş qiyməti avtomatik dəyişdirilən bir tezlik releli TYA I və TYA II sxemi

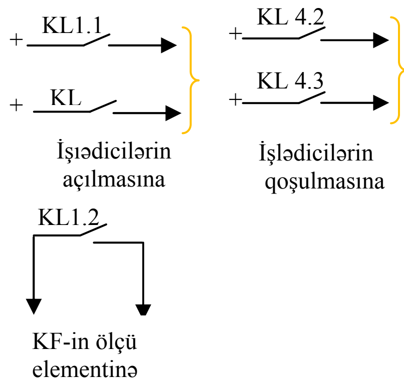
Bununla eyni vaxtda KL1.2 qapayıcı kontaktı tezlik relesinin TATQ-nin qoyuluş qiymətinə uyğun olan ölçü elementini işə daxil edir. Ölçü elementi işə daxil edildikdən sonra yalnız enerjisistemdə tezlik yeni 49,5-50Hs qoyuluş qiymətinədək bərpa olunduqdan sonra tezlik relesinin kontaktı aralanır. KL1 relesi də işləyərək öz KL1.2 kontaktı ilə KL3 aralıq relesinin dolaq dövrəsini qapayır, sonuncu da işləyərək özünü saxlayır. Tezlik normal və ya normala yaxın qiymətədək bərpa olunduqdan sonra KF və KT1 releləri öz kontaktlarını ayırırlar. Bu halda KL1 relesi geri qayıdaraq KT2 zaman relesi dolağının dövrəsindəki KL1.3 kontaktını qapayır. KL 3.2 kontaktı qapalı olduğundan KT2 relesi işləməyə başlayır və KT2.2 sürüşkən kontaktında qoyulmuş dözmə müddəti keçdikdən sonra KL4 aralıq relesinin dolaq dövrəsini qapayır. Sonuncu isə öz KL4.1 qapalı kontaktı vasitəsilə özünü saxlayır və TYA-nın təsirindən açılmış tələbatçıların açarlarının qoşulmasına impuls göndərir.

Sxemin geri qayıtması dözmə müddəti KT2.2 sürüşkən kontaktın dözmə müddətindən təqribən 1saniyə fərqlənən KT2.3 zaman relesinin kontaktı qapandıqdan sonra həyata keçir. KT2.3 dayaq kontaktı qapandıqdan sonra KL3 relesi geri qayıdır və KL3.2 kontaktı ilə KT2 zaman relesi dolağının dövrəsini qırır.

Baxılan sxemdə göstərilmiş KH1 və KH2 göstərici releləri TYA və TATQ-nın işləməsini siqnallaşdırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. SX1 qapayıcısının köməyi ilə baxılan avtomatika sxemi tamamilə, SX2 qapayıcısının köməyi ilə isə yalnız TATQ işdən çıxarıla bilər. Şək. 7.6 və şək. 7.7-də verilmiş sxemlər üzrə də TATQ-li TYA sxemi birlikdə yerinə yetirilə bilər. Bu halda tezlik relesi TYA I və TYA II TATQ-yə uyğun tezlik üzrə üç qoyuluş qiymətinə malik icra olmalıdır.

Elektrik ATQ quruluşu ilə təchiz olunmuş xətlərdə, həmin avtomatika TATQ-ni həyata keçirmək üçün də istifadə oluna bilər. Bu halda TATQ-nin işə düşməsi tezlik TATQ-nin qoyuluş qiymətinədək bərpa olunandan sonra baş verməlidir.





Şək. 7.7. TATQ-li TYA sxemi

Yoxlama sualları

1. "Tezliyin selvari azalması" dedikdə nə başa düşülür?
2. TYA-nın təyinatını izah edin.
3. Hansı kateqoriyalı TYA vardır?
4. TYA I və TYA II-nin işləmə parametrlərini izah edin.
5. Nə üçün TYA sistemi pilləli yerinə yetirilir?
6. "Yükün tənzimləyici effekti" dedikdə nə başa düşülür?
7. Əlavə kateqoriyalı yükaçmanın təyinatını izah edin.
8. Yarımstansiyalarda tezliyin qısamüddətli azalması zamanı tələbatçıların səhvən açılmasının qarşısı necə alınır?
9. TYA-dan sonra ATQ-nin təyinatı nədir?
10. SES-də tezliyə görə avtomatik işə qoşmanın təyinatını izah edin.
11. Enerjisistemdə qısamüddətli tezlik azalmalarından səhvən açılmaların qarşısı necə alınır?
12. TYA-nın saxlanma prinsiplərini izah edin.

FƏSİL 8. ƏKS-QƏZA AVTOMATİKASI

8.1. Əks-qəzaya avtomatika qurğularının təyinatı və təsnifatı

Enerjisistemin inkişafı və onların böyük enerjisistem birliyinə (ESB) birləşməsi, çox güclü İES və HES tikililəri və həddən artıq yüklənmiş elektrik veriliş xətləri enerjisistemin rejiminin idarə edilməsinin avtomatlaşdırılmasında bir sıra yeni tələblər irəli sürmüşdür.

Böyük energetik birləşmələrin iş rejimləri bir sıra xüsusiyyətlərə malikdir:

a) normal və qəzadan sonrakı iş şəraitində dinamik və statik dayanıqlığa görə kiçik ehtiyatla uzaq məsafəyə elektrik verilişi;
b) dayanıqlığın pozulması, qeyri-sinxron ATQ və s. nəticəsində yaranan asinxron rejimlərin baş vermə ehtimalı;
c) böyük enerjisistemlər və HES ilə əlaqəli olan kiçik enerjisistemlərin olması. Qəza rejimlərində aktiv və reaktiv gücün kiçik enerjisistemlərin üzərinə keçməsi mümkündür. Belə olan halda, tezlik və gərginliyin təhlükləli dəyişmələri müşahidə olunur;
d) enerjisistemlər arasında zəif əlaqələrin olması (zəif əlaqə dedikdə buraxma qabiliyyəti birləşdirdiyi enerjisistemlərdən ən kiçiyinin gücünün 10%-dən az olan əlaqə başa düşülür). Dayanıqlıq şərtinə görə zəif əlaqələrlə ötürülən aktiv güc üzrə sərt məhdudiyyətlərə riayət olunmalıdır;
e) birtərəfli açılma zamanı şəbəkədə avadanlıqlar üçün təhlükəli olan gərginliyin artmasını yaradan 330-750kV-luq uzaq məsafəli elektrik veriliş xətlərinin olması.

Bununla əlaqədar olaraq, aşağıdakılara ehtiyac duyulur: elektrik veriliş xətlərində yükün qəflətən artması səbəbindən onların iş rejimlərinə fasiləsiz nəzarət; gücün atılması və paralel xətlərin, avtotransformatorların, digər avadanlıqların təhlükəli

yüklənmələri ilə müşahidə olunan xətlərin açılma anlarının aşkar edilməsi; elektrik verilişinin kəsilməsi, dayanıqlığın pozulması anının və bu zaman yaranan asinxron rejimin xarakterinin aşkar edilməsi. Normal rejimin pozulması təhlükəsi həm də kiçik həyəcanlanmalar zamanı da yarana bilər, məsələn, xətlə ötürülən gücün tədricən artması zamanı baş verən proseslər (statik dayanıqlığın pozulmasına gətirib çıxarır).

Böyük həyəcanlanmalar zamanı normal rejimin pozulması daha tez baş verir, xidmət heyəti tərəfindən bu pozulmanın qarşısını almaq və hətta onu kənarlaşdırmaq praktiki olaraq mümkün deyil. Bu məsələni həll etmək üçün müxtəlif əks-qəza avtomatikası (ƏQA) vasitələrindən istifadə edilir.

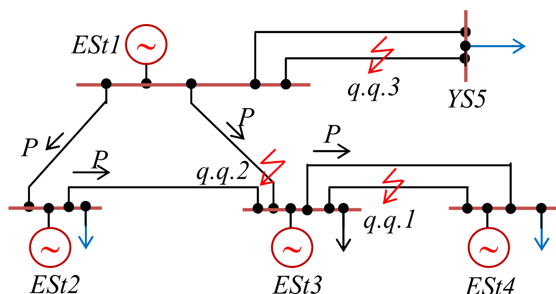
Öz təyinatına görə bütün ƏQA qurğularını bir neçə növə bölmək olar:

1) paralel işin dayanıqlığının pozulmasının ləğvi avtomatikası (DPLA);
2) asinxron rejimin avtomatik ləğvetmə qurğusu (ARAL);
3) tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (TYMA);
4) tezliyin azlmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası (TAMA), həmçinin tezlikdən yükaçma avtomatikası (TYA);
5) gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası (GAMA);
6) gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (GYMA);
7) avadanlığın yükdən avtomatik açılma qurğusu (AYAA).

Əks-qəza avtomatikasının müxtəlif növlərini enerjisistemin (şək. 8.1) iş rejimlərinə qəza həyəcanlarının təsirinin keyfiyyətli analizi nümunəsində müşahidə etmək olar.

Nümunə kimi, paralel xətlərin birində, yəni ESt3-ESt4 sahəsində qısaqapanmanın təsirinə baxaq. Zədələnmiş xəttin rele mühafizə qurğuları ilə açılmasından sonra əvvəllər iki xətt üzrə ötürülən güc, indi bir xətt ilə ötürüləcək və ola bilsin ki, müəyyən sərhəd qiyməti aşacaq, nəticədə isə ESt1-ESt3 elektrik stansi-

yalarının generatorlarının paralel işinin dayanıqlığı ESt4 elektrik stansiyasının generatorlarına nəzərən pozulacaqdır.



Şək. 8.1. Enerjisistemin sxemi

Bu pozuntunun qarşısını almaq üçün enerjisistemin bir hissəsinə generatorların (ESt1-ESt3 elektrik stansiyaları) ötürülən gücünün məhdudlaşmasına təsir edən DPLA qurğusundan istifadə edilir.

Bu güc məhdudiyyətinin enerjisistemdə tezliyin aşağı düşməsinə səbəb olmaması üçün onun qəbuledici hissəsində (ES4 elektrik stansiyasında) işləyən generatorların yükünün artmasına və ya tələbatçıların bir hissəsinin açılmasına təsir edən qurğu tətbiq edilir.

ESt1-ESt3 xəttində qısaqapanma baş verən zaman da dayanıqlığın pozulma təhlükəsi yaranır, belə ki, ESt1 elektrik stansiyası tərəfindən istehsal olunan güc ESt1-ESt2 xətti üzrə ötürüləcək və onun yükünü artıracaq. Belə olan şəraitdə enerjisistemin qalan hissələrinə nəzərən ESt1 elektrik stansiyası generatorlarının paralel işinin dayanıqlığının pozulması mümkündür. Baxılan halda dayanıqlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün gücün məhdudlaşdırılmasını ESt1 elektrik stansiyasında tətbiq etmək lazımdır, lakin işləyən generatorların yükünün artması və ya tələbatçıların yükünün açılması ESt2-ESt4 yarımstansiyalarında tətbiq edilməlidir.

DPLA qurğusunun işdən imtina etməsi zamanı paralel işin dayanıqlığının pozulması mümkündür və nəticə olaraq, asinxron rejim yaranır. Bu isə çox təhlükəli rejim pozulmasıdır, belə ki, enerjisistemin düyün nöqtələrində kəskin gərginlik rəqsləri müşahidə olunur ki, bu da tələbatçıların işi üçün əlverişsizdir. Bundan başqa, asinxron rejimdə generatorlar tərəfindən istehsal olunan güc dövrü olaraq elə dəyişir ki, onun orta qiyməti dövr ərzində sıfıra yaxındır və sinxronizmdən çıxan elektrik stansiyaları enerjisistemə praktiki olaraq güc ötürmür. Sonuncu hal ona gətirib çıxarır ki, enerjisistemin ötürücü hissəsində tezlik artır, qəbuledici hissəsində isə azalır.

Asinxron rejimin dayandırılması üçün sinxronizmin bərpasına (resinxronizasiya) və ya enerjisistemin qeyri-sinxron işləyən hissələrə bölunməsinə təsir edən asinxron rejimin ləğvi avtomatikası (ARAL) qurğusu tətbiq edilir. Resinxronizasiyanın təmin edilməsi üçün tezliyin bərpasına yönəldilmiş tədbirlər həyata keçirilir: enerjisistemin ötürücü hissəsində elektrik stansiyasının turbini yükdən açılır və ya generatorların bir hissəsi açılır, lakin enerjisistemin qəbuledici hissəsində işləyən generatorlar yüklənir və ya yükün bir hissəsi açılır.

Qəza həyacanlanmasının ən ağır növlərindən biri enerjisistemin iki hissəsini əlaqələndirən elektrik verilişinin kəsilməsidir. Beləliklə, ESt3-ESt4-də (şək. 8.1) elektrik verilişinin kəsilməsi zamanı (ikinci paralel xətt təmirə çıxarılan zaman bu paralel xətlərdən digərinin açılması zamanı) enerjisistemin bir hissəsində (ESt1-ESt3 elektrik stansiyalarında) artıq generasiya gücü yaranır, digər hissədə, yəni ESt4-dən qidalanan hissəsində isə güc defisiti yaranır. Artıq güc tezliyin təhlükəli artımına səbəb ola bilər. Göstərilən qeyri-normallıqların qarşısını almaq üçün elektrik stansiyasının turbininin yükdən açılmasına və ya generatorların (xüsusən, hidrogeneratorların) bir hissəsinin açılmasına təsir edən TYMA qurğusu nəzərdə tutulur.

Tezliyin kəskin aşağı düşməsinə gətirib çıxaran güc defisiti TAMA qurğusu ilə ləğv edilir.

Enerjisistemin defisit olan hissəsində tezliyin aşağı düşməsindən əlavə həm də reaktiv güc defisiti ilə şərtlənən gərginliyin azalması da mümkündür. Gərginliyin azalma təhlükəsi tələbatçıların dayanıqlığının pozulması və gərginliyin selvari azalmasının yaranması ilə əlaqəlidir.

Gərginliyin kəskin azalmasının qarşısını almaq üçün generatorların təsirlənməsinin sürətləndirilməsinə, şuntlayıcı reaktorların söndürülməsinə və yükün bir hissəsinin açılmasına təsir edən GAMA qurğusu nəzərdə tutulur.

330kV və yuxarı gərginlikli elektrik veriliş xətləri stansiya və yarımstansiya avadanlıqları üçün təhlükəli olan, onların birtərəfli açılmaları zamanı paylanmış tutum və induktivlikləri arasındakı rezonans hadisəsi ilə şərtlənən gərginliyin yüksəlmə mənbəyi ola bilərlər.

Gərginliyin qiymətinin uzunmüddətli yüksəlməsinin qarşısını almaq üçün generatorların təsirlənməsinin sürətlənməsinin götürülməsinə, şuntlayıcı reaktorların qoşulmasına və ya xəttin açılmasına təsir edən GYMA qurğusu tətbiq edilir.

Xətlərin və transformatorların açılması zamanı işləyən elektrik avadanlıqlarının cərəyana görə artıq yüklənməsi baş verə bilər. Məsələn, YS5 yarımstansiyasının (şək. 8.1) yükünü qidalandıran xətlərdən birinin açılması xətlərin texniki dayanıqlıq şərtinə görə onlarda artıq yüklənmə yarada bilər. Xəttin zədələnməsinin qarşısını almaq üçün qidalandırıcı elektrik stansiyasının gücünün məhdudlaşmasına (əgər bu tədbir effektlidirsə), yarımstansiyanın yükünün bir hissəsinin açılmasına və ya xəttin açılmasına təsir edən avadanlığın yükdən avtomatik açılması (AYAA) qurğusu tətbiq edilir.

8.2. Əks-qəza avtomatikası sisteminin strukturu

Avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəçiliyinin əsas məsələlərindən biri ekektroenergetika sisteminin (EES) və ya onun ayrı-ayrı hissələrinin qəza iş rejimlərinin aradan qaldırılması və qəzaların lokallaşdırılması məqsədilə əks-qəza idarəetməsindən ibarətdir.

Belə idarəetmə üçün müasir dövrdə bir sıra ƏQA qurğuları işlənmişdir. Bütün enerjisistemdə bu məsələni həll etmək üçün strukturu şək. 8.2-də göstərilmiş ƏQA sistemi daxil edilmişdir. ƏQA sisteminin hər bir elementinə qoyulan tələblərə uyğun olaraq onun strukturunu üç altsistemə ayırmaq olar:

a) xəbərdarlıqedici;

b) lokallaşdırıcı;

c) bərpaedici.

Şək. 8.2-də verilmiş blokların qısaldılmış adları aşağıda verilmişdir: BH-böyük həyəcan; KH-kiçik həyəcan; RM-rele mühafizəsi; ATQ-avtomatik təkrarqoşma;TAT-təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi; DPLA-dayanıqlığın pozulmasının ləğvi avtomatikası; ARAL-asinxron rejimin avtomatik ləğvi; GAMA-gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası; GYMA-gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası; TYA-tezlikdən yükaçma avtomatikası;GY-generatorların yüklənməsi; HQ-hidrogeneratorların qoşulması; TATQ-tezliyə görə ATQ; GATQ-gərginliyə görə ATQ; YQ - yüklərin qoşulması

Xəbərdarlıqedici altsistem qəza şəraitinin müəyyən olunması və aradan qaldırılması üçün zəruridir. Bu altsistem aşağıdakılardan ibarətdir:

1) rele mühafizəsi (RM), qəza şəraitini müəyyən edir və digər ƏQA qurğularının mümkün işləməsi üçün hazırlanmasına siqnal verir; çoxsaylı elementlərdən ibarətdir, onların hər biri sistemin müəyyən olunmuş sahəsinə və ya müəyyən olunmuş qəza növünə cavabdehdir;

2) Avtomatik təkrarqoşma (ATQ); bu qurğu qəza şəraiti aşkar olunmuş elementin açılmasından sonra həmin elementin qoşulması yolu ilə enerjisistemin normal rejimini bərpa etməyə cəhd edir;

3) sinxron generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsi (TAT); bu qurğu generatorun təsirlənmə cərəyanına təsir etməklə enerjisistemin parametrlərini (generatorun sıxacındakı gərginlik) buraxılabilən hədlərdə saxlamağa cəhd edir;

4) enerjisistemin paralel işinin dayanıqlığının pozulmasının ləğvi avtomatikası (DPLA); bu qurğu enerjisistemdə tezliyə və sistemlərarası əlaqənin iş pejiminə fasiləsiz olaraq nəzarəti həyata keçirir ki, bununla da qəza şəraiti yaranan halda turbinin sürət tənzimləyicilərinə təsir etməklə elektrik stansiyaların yükünün yenidən paylanmasını, həmçinin enerjisistemdə və onun ayrı-ayrı hissələrində tezliyin tənzimlənməsini həyata keçirir.

DPLA öz növbəsində aşağıdakı səbəblərdən işləyən yüksüzləşdirici avtomatika növlərini özündə əks etdirir:

- bir və ya iki EVX-nin açılması [bir EVX-nin açılma avtomatikası (BXAA) və ya iki EVX-nin açılma avtomatikası (İXAA)], belə ki, hər hansı bir səbəbdən sistemlərarası əlaqənin tərkibinə daxil olan bir və ya iki paralel EVX-nin açılması və EES-in normal rejiminin pozulması EES-in bir hissəsində tezliyin azalmasına digər hissəsində isə artmasına gətirib çıxarır, tezliyi nominal qiymətə qaytarmaq üçün DPLA elektrik stansiyaların yükünü yenidən paylayır;
- EVX-nin statik ifrat yüklənməsi [statik ifrat yüklənmə zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə (SİAY)], bu halda DPLA EES-in işinin statik dayanıqlığını saxlamağa çalışır;
- EVX-nin dinamik ifrat yüklənməsi [dinamik ifrat yüklənmə zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə (DİAY)], bu halda DPLA EES-in işinin dinamik dayanıqlığını saxlamağa çalışır;
- generatorların açılması [generatorların açılması zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə (GAAY)], belə ki, hər hansı bir səbəbdən generatorlar açıldıqda və EES-də tezlik aşağı düşdükdə, DPLA bu generatorların yükünü digər elektrik stansiyalarına paylayır;
- yaxın və ya üzanan qısaqapanmalar [qısaqapanma zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə (QQAY)], bu halda DPLA elektrik stansiya generatorlarının yüksüzləşdirilməsi yolu ilə dinamik dayanıqlığı saxlamağa çalışır.

Bu funksiyaları yerinə yetirmək məqsədilə DPLA aşağıdakılara təsir edə bilər:

- generatorların açılması;

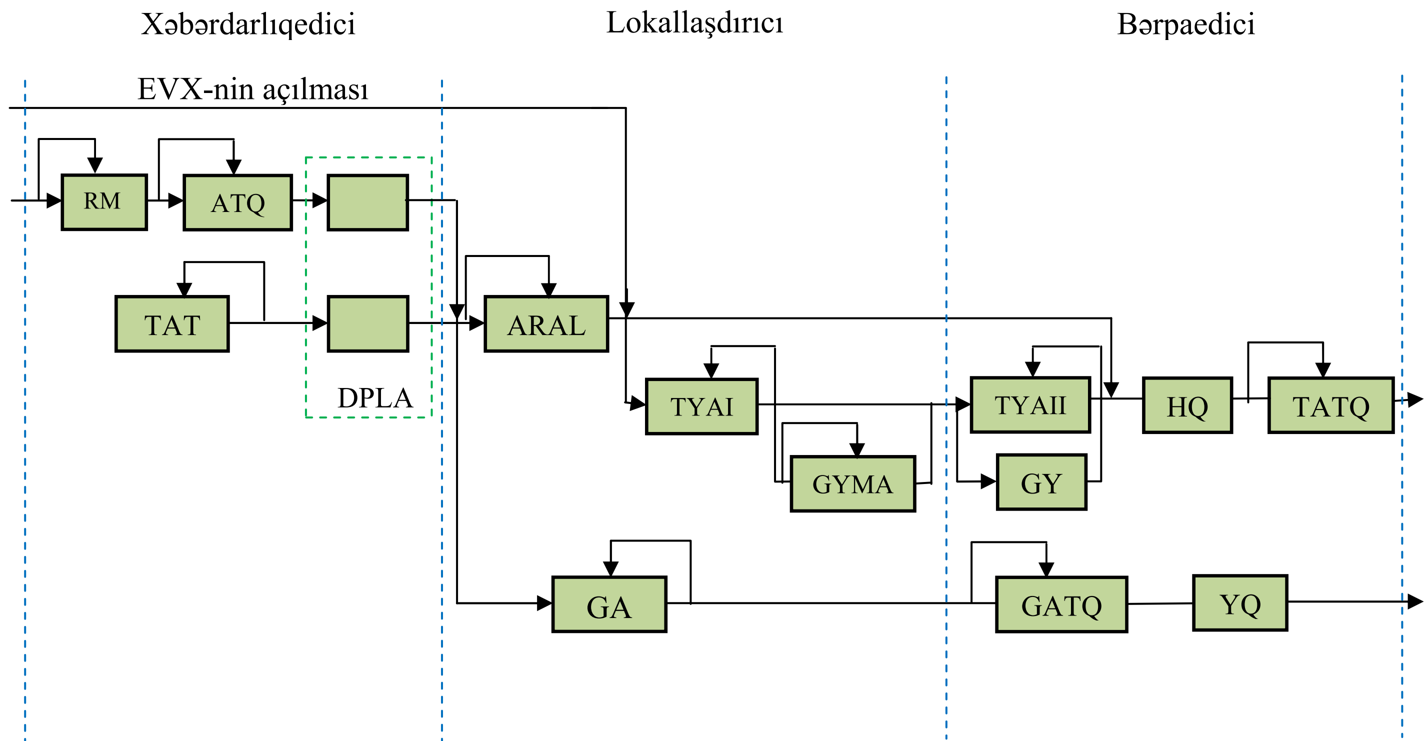
- turbinin qısamüddətli (impuls) və ya uzunmüddətli yüksüzləşdirilməsi;
- tələbatçıların yükünün bir hissəsinin açılması;
- hidrogeneratorların tezlik işəburaxılması və onların sinxron kompensator rejimindən aktiv güc generasiyası rejiminə keçirilməsi;
- hidro- və turbogeneratorların yüklənməsi;
- aqreqatların elektrik tormozlanması;
- şuntlayıcı reaktorların açılması;
- uzununa və eninə kompensasiya qurğularının forsirovkası;
- generatorların təsirlənməsinin gücləndirilməsi;
- generatorların TAT-nın gərginliyə görə qoyuluş qiymətinin dəyişdirilməsi.

Xəbərdarlıqedici altsistemin avtomatikası qəza şəraitini aradan qaldıra bilmədikdə lokallaşdırıcı və bərpaedici altsistem istifadə olunur.

Lokallaşdırıcı altsistem aşağıdakılardan ibarətdir:

1) bütün enerjisistemin və ya onun bir hissəsinin asinxron rejiminin avtomatik ləğvi (ARAL); bu qurğu EVX və ya EVX qrupunun cərəyan və aktiv güc üzrə ifrat yüklənməsinə nəzarət edir, həmçinin sistemlərarası EVX-nin məhdudlaşdıran düyünlər arasındakı gərginliklərin fazaları fərqini izləyir, generatorların sürətləri və uyğun olaraq, EES-də tezliyin böyük rəqsləri yarandıqda ARAL elektrik stansiya generatorlarını yüksüzləşdirir;

2) gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası (GAMA); gərginlik buraxılabilən səviyyədən aşağı düşdükdə, bu qurğu generator və sinxron kompensatorların TAT-si ilə yanaşı, həm də şuntlayıcı reaktorların açılmasına da təsir edir, bu isə kiçik güc axınları halında ifrat və ultra yüksək gərginlikli elektrik veriliş xətlərində gərginliyin müəyyən dərəcədə azaldılması məqsədilə qoşulur;



Şək. 8.2. EES-in əks-qəza avtomatikasının strukturu

3) gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (GYMA); gərginlik buraxılabilən səviyyədən yüksək olduqda, bu qurğu generator və sinxron kompensatorların TAT-nə və şuntlayıcı reaktorların qoşulmasına (GAMA-nın təsirinin əksinə olaraq) təsir edir;

4) 1-ci kateqoriya tezlikdən yükaçma avtomatikası (TYA); tezlik buraxılabilən səviyyədən aşağı düşdükdə, bu qurğu enerjisistemin yüklərinin bir hissəsini açır (adətən elektrik təchizatının etibarlığı üzrə III kateqoriya tələbatçıları), başqa sözlə, tezliyin tənzimlənməsinin bütün imkanları tükəndikdə bu qurğu işə düşür.

ARAL-a aşağıdakı funksiyalar həvalə edilir:

- EES-in bölünməsi;
- sinxron işdən çıxan enerjisistemin ayrı-ayrı hissələrinin resinxronizasiyası;
- sonradan EES hissələrinin resinxronizasiyası ilə, onun ilkin olaraq ayri-ayri işləyən hissələrə bölünməsi.

Bərpaedici altsistem aşağıdakılardan ibarətdir:

1) 2-ci kateqoriya TYA, başqa sözlə 1-ci kateqoriya TYA enerjisistemdə tezliyin növbəti azalmasının qarşısının alınması üzrə bütün mövcud imkanları tükəndikdən sonra nəzərdə tutulan avtomatika;

2) gərginliyə görə ATQ (GATQ); bu qurğu GAMA tərəfindən açılmış enerjisistem elementlərinin işini bərpa edir;

3) tezliyə görə ATQ (TATQ); bu qurğu TYA tərəfindən açılmış tələbatçlların elektrik təchizatını bərpa edir.

Bundan başqa, enerjisistemdə **aşağıdakı avtomatikalar** da nəzərdə tutulur:

1) tezliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası (TAMA), aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- tezlikdən yükaçma (TYA);

- böyük yerli güc defisitləri halında tezlik və gərginlik uçurumunun qarşısının alınması məqsədilə əlavə açılmalar; aktiv güc ehtiyatlarının səfərbər edilməsi;
- balanslaşdırılmış yüklü elektrik stansiya və ya generatorların ayrılması, elektrik stansiyasının xüsusi sərfiyyatının qidalandırılmasına generatorların ayrılması;
- tezliyin bərpa olunması halında açılmış tələbatçıların qidalanmasının bərpa olunması (TATQ);

2) tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (TYMA), tezlik buraxılabilən səviyyəni keçdikdə elektrik stansiya generatorlarının açılmasını həyata keçirir;

3) avadanlıqların yükdən açılma avtomatikası (AYAA), nəzarət olunan avadanığın yol verilməyən ifrat yüklənmələri halında cərəyanını azaldır; ifrat yüklənmələrdən asılı olaraq AYAA aşağıdakıları yerinə yetirə bilər:

- elektrik stansiya turbinlərinin yükünü azaltmaq, generatorları açmaq;
- yükü açmaq;
- şəbəkəni bölmək;
- artıq yüklənmiş avadanlığı açmaq.

8.3. Enerjisistemin paralel işinin dayanıqlığı haqqında anlayış

Enerjisistemin paralel işinin dayanıqlığının iki növü vardır: statik dayanıqlıq və dinamik dayanıqlıq.

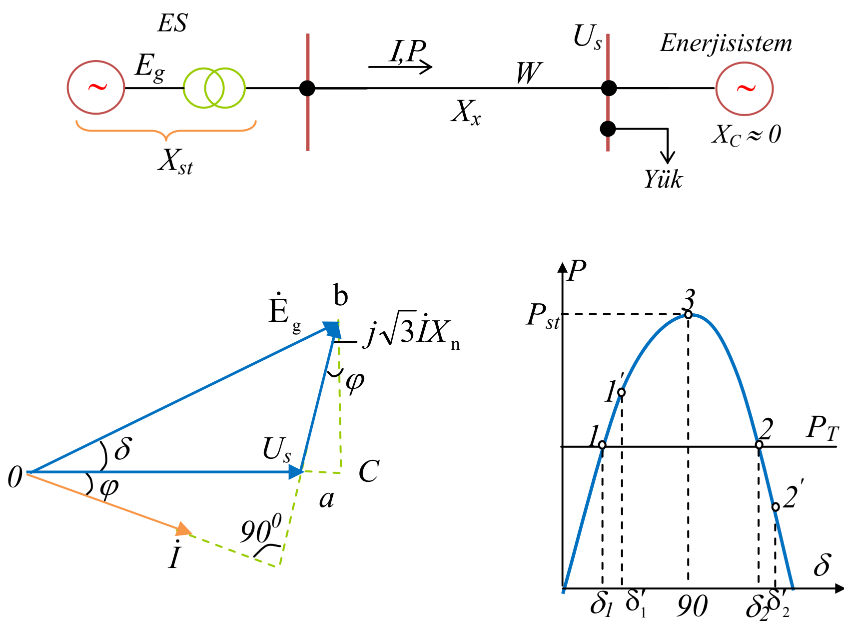
8.3.1. Statik dayanıqlıq

Statik dayanıqlıq dedikdə, kiçik həyəcanlandırıcı təsirlər və rejim parametrlərinin cüzi dəyişmələri zamanı enerjisistemin generatorlarının sinxron paralel işini saxlaya bilən iş qabiliyyəti başa düşülür.

Şək. 8.3,a-da elektrik stansiyasından (ES), elektrik veriliş xəttindən (W) və sonsuz böyük gücə malik qəbuledici enerjisistemindən ibarət sadə elektrik sisteminin prinsipial sxemi göstərilmişdir.

Məlumdur ki, elektrik stansiyası tərəfindən istehsal olunan və enerjisistemin yükləri tərəfindən istehlak olunan P aktiv elektrik gücü aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$P = \frac{E_g U_s}{X_{nət}} \sin\delta \qquad (8.1)$$



Şək. 8.3. EES-in dayanıqlığının izahına dair sxem

a– elektrik ötürmə sxemi;

b – cərəyanın və gərginliyin vektor diaqramı;

c – elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikası

burada, E_g – elektrik stansiyası generatorlarının EHQ-si; U_s – enerjisistemin gərginliyi; $X_{nət}$ – elektrik stansiyasının generatorlarının, elektrik veriliş xətlərinin və enerjisistemin nəticəvi müqavimətidir.

Əgər generatorların EHQ-si (E_g), sistemin şinlərindəki gərginliyi (U_s) və $X_{nət}$ müqaviməti dəyişməz qalarsa, onda elektrik stansiyası tərəfindən enerjisistemə ötürülən güc E_g və U_s vektorları arasındakı bucaqdan asılı olur (şək. 8.3,b). Bu asılılıq sinusoidal xarakter daşıyır və sadə elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikası adını almışdır (şək. 8.3,c).

Enerjisistemə ötürülə bilən gücün maksimal qiyməti statik dayanıqlıq sərhədi adlanır:

$$P_{st.sər}=\frac{E_g \cdot U_s}{X_{nət}} \tag{8.2}$$

Gücün bu qiyməti bucaq xarakteristikasının amplituduna uyğun gəlir (şək. 8.2,c-də 3 nöqtəsi).

Qəbuledici enerjisistemə nəzərən elektrik stansiyalarının paralel işinin dayanıqlığı stansiyanın turbini tərəfindən yaradılan mexaniki güclə (P_t) generatorlar tərəfindən verilən elektrik gücü (P_e) arasındakı nisbətlə təyin edilir.

Normal qərarlaşmış rejim turbin tərəfindən yaranan mexaniki gücün və generatorlar tərəfindən verilən elektrik gücün bərabərliyi ilə xarakterizə edilir:

$$P_t = P_e \tag{8.3}$$

Turbinin gücünün qiyməti δ bucağından asılı deyil və yalnız turbinə daxil olan enerjidaşıyıcının (buxarın, suyun) miqdarına görə təyin olunur.

(8.3) şərtinə şək. 8.3,c-də verilən 1 və 2 nöqtələri uyğun gəlir. 1 nöqtəsi dayanıqlı müvazinətə, 2 nöqtəsi isə dayanıqsız müvazinətə uyğundur. Həqiqətən, 1 nöqtəsində işləyən zaman δ

bucağının δ_1' bucağına qədər təsadüfi cüzi artması $1'$ nöqtəsində təyin olunan elektrik gücünün cüzi artmasına uyğun gələcəkdir. Belə şəraitdə turbinin gücü elektrik gücündən aşağı olacaqdır, yəni elektrik gücünün artımı stansiyanın generatorlarına tormozlayıcı təsir göstərəcəkdir. Nəticədə generatorların EHQ vektorunun fırlanma tezliyi E_g bir qədər azaldığından, bu da δ bucağının ilkin δ_I qiymətinə qədər azalmasına gətirib çıxaracaq, mexaniki və elektriki gücün bərabərliyi (8.3 balans şərti) təmin olunacaqdır.

Analoji olaraq, δ bucağının nisbətən azalması zamanı da müvazinət vəziyyətinin bərpası baş verəcəkdir. 2 nöqtəsində işləyən zaman δ bucağının δ_2' qiymətinə qədər təsadüfi cüzi artması $2'$ nöqtəsindəki vəziyyətlə təyin olunan elektrik gücünün azalmış qiymətinə uyğun olacaqdır. Bu nöqtədə turbinin gücü elektrik gücündən artıq olacaqdır. Turbinin gücünün artıq olması onun rotorlarının sürətlənməsinə gətirib çıxarır, yəni δ bucağının daha da artmasına və nəhayət, elektrik stansiyasının generatorlarının sinxronizmdən çıxmasına səbəb olur.

Beləliklə, dayanıqlı işləmə oblastı δ bucağının 0^0-dən 90^0-yə qədər olan diapazonda təyin edilir. 90^0-dən böyük bucaq oblastında dayanıqlı paralel iş mümkün deyil.

Praktiki olaraq, 90^0-yə uyğun olan sərhəd gücdə iş aparılmır, belə ki, cüzi həyəcanlanmalar (məsələn, enerjisistemdə yükün rəqsləri) dayanıqsız oblasta keçidi və sinxronizmin pozulmasını yarada bilər. Ötürülən gücün maksimal buraxılabilən qiyməti statik dayanıqlığın sərhəd qiymətindən kiçik götürülür. Yaranan ehtiyat statik dayanıqlığın ehtiyat əmsalı ilə qiymətləndirilir:

$$K_{eht.st} = \frac{P_{st.sər} - P_{b.b}}{P_{b.b}} \cdot 100 \qquad (8.4)$$

Normal rejimdə elektrik ötürməsi üçün statik dayanıqlıq ehtiyatı 20%-dən, lakin qısamüddətli qəzadan sonrakı rejimdə

(xidmət heyətinin rejimin tənzimlənməsinə müdaxiləsinə qədər) 8%-dən aşağı olmamalıdır.

8.3.2. Dinamik dayanıqlıq

Dinamik dayanıqlıq dedikdə, böyük həyəcanlandırıcı təsirlər zamanı (qısaqapanma, böyük güclü generatorların açılması, xətlərin, transformatorların açılması) enerjisistemin generatorların sinxron paralel işini qoruyub saxlamaq qabiliyyəti başa düşülür.

Dinamik dayanıqlığı qiymətləndirmək mürəkkəb məsələdir. Onun həlli çoxlu sayda faktorlardan asılıdır: həyəcanlandıırıcı təsirlərin növü, baş vermə yeri və davametmə müddəti, enerjisistemin sxemi, qəzadan əvvəlki rejimdə elektrik veriliş xətləri üzrə ötürülən gücün qiyməti, elektrik avadanlıqlarının tərkibi və s.

Dinamik dayanıqlığı qiymətləndirmək üçün sahələr üsulundan istifadə edilir.

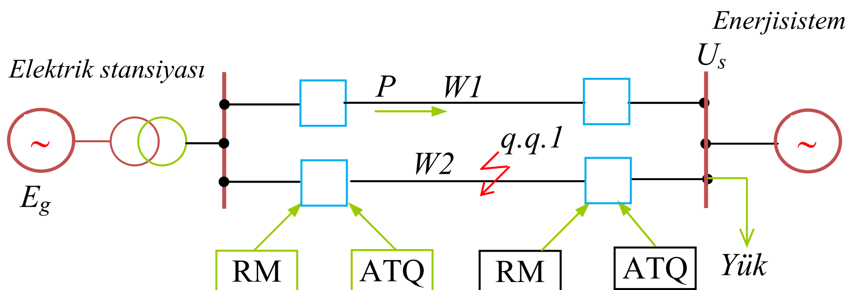
Nümunə kimi, elektrik stansiyasını enerjisistem ilə əlaqələndirən ikidövrəli elektrik ötürməsinin iş rejiminə baxaq (şək. 8.4). Burada xətlərin birində q.q. baş verən zaman xətt açılır və ATQ müvəffəq işləyir (şək. 8.3,a).

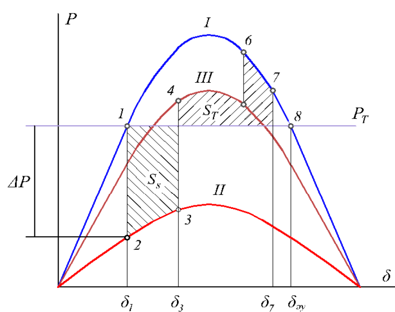
Elektrik ötürməsinin ilkin rejimi elektrik ötürməsinin ilkin sxeminə uyğun olan I bucaq xarakteristikasında yerləşən 1 nöqtəsi ilə xarakterizə edilir (şək 8.4,b).

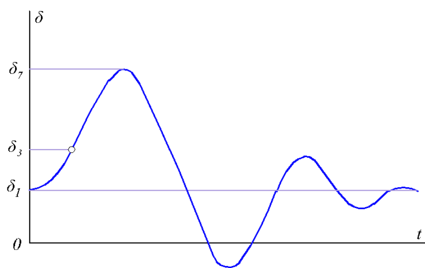
W2 xəttində K1 nöqtəsində q.q. baş verən zaman elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikası II vəziyyətini alacaqdır. II xarakteristikasının amplitudunun aşağı düşməsi E_g və U_s nöqtələri arasında nəticəvi $X_{nət}$ müqavimətinin kəskin artması ilə əlaqəlidir. Beləliklə, q.q. anında stansiyanın şinlərində gərginliyin aşağı düşməsi hesabına elektrik gücü ΔP kəmiyyəti qədər azalır (şək. 8.4,b-də 2 nöqtəsi). Elektrik gücünün azalması q.q.-nın növündən və yerindən asılıdır. Stansiyanın şinlərində üçfazalı q.q. zamanı güc sıfra qədər azala bilər.

Qısaqapanmanın ilk anında elektrik stansiyanın və sistemin generator rotorlarının fəza vəziyyəti onların ətalətliliyi hesabına

dəyişməz qalır, ona görə də δ bucağı özünün əvvəlki δ_1 qiymətini qoruyub saxlayır. Sonra isə turbinin mexaniki gücü elektrik gücündən artıq olmasının təsirindən stansiya generatorlarının rotoru sürətlənir, δ bucağı artır. Gücün dəyişməsi prosesi II xarakteristikası üzrə baş verir. 3 nöqtəsi zədələnmiş xəttin iki tərəfdən rele mühafizəsi (RM) qurğuları vasitəsilə açılması anına uyğun gəlir.







Şək. 8.4. Elektrik veriliş xəttində q.q. baş verən zaman dinamik dayanıqlığın analizi

a – elektrik ötürmə sxemi; b – elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikaları; c – δ bucağının zamana görə dəyişməsi

Xəttin açılmasından sonra elektrik ötürməsi rejimi III xarakteristikasında yerləşən 4 nöqtəsi ilə xarakterizə edilir. Bu da bir xətti açılmış elektrik veriliş sxeminə uyğundur. Bucağın δ_1-dən δ_3-ə qədər dəyişməsi anında stansiya generatorlarının rotorları əlavə kinetik enerjiyə malik olur. Bu enerji P_t xətti, II xarakteristikası və 1,3 nöqtələrinin ordinatları ilə məhdudlaşmış sahəyə mütənasibdir. Bu sahə sürətlənmə sahəsi (S_s) adını almışdır. 4 nöqtəsində rotorların tormozlanması prosesi gedir, belə ki, elektrik gücü turbinin gücündən böyükdür. Lakin tormozlama prosesi δ bucağının artması ilə baş verir. δ bucağının artması bütün ehtiyat kinetik enerjinin potensial enerjiyə çevrilməsinə qədər davam edəcəkdir. Potensial enerji P_t xətti və qəzadan sonrakı rejimin bucaq xarakteristikaları ilə məhdudlaşmış sahəyə mütənasibdir.

Bu sahə tormozlanma sahəsi (S_t) adını almışdır.

W2 xəttinin açılmasından bir qədər sonra 5 nöqtəsində ATQ işə düşür (kiçik fasiləli üçfazalı cəldtəsiredən ATQ-dən istifadə tövsiyə edilir).

ATQ müvəffəq işlədikdə bucağın artma prosesi I xarakteristikası üzrə elektrik ötürməsinin ilkin sxeminə uyğun olaraq davam edəcək.

Bucağın artması 7 nöqtəsində dayanacaq ki, bu da S_s və S_t sahələrinin bərabərliyi ilə xarakterizə edilir. 7 nöqtəsində keçid prosesi dayanmır: belə ki, elektrik gücü turbinin gücünü aşır, tormozlanma prosesi I xarakteristikası üzrə davam edəcək, lakin bu zaman bucaq azalacaq. 1 nöqtəsi ətrafında bir neçə rəqsdən sonra proses bu nöqtədə qərarlaşacaq. δ bucağının zamana görə dəyişməsinin xarakteri şəkil 8.4,c-də verilmişdir.

Analizi sadələşdirmək məqsədilə keçid prosesi zamanı turbinin P_t gücünü dəyişməz qəbul edirik. Həqiqətdə isə turbinin fırlanma tezliyinin tənzimləyicilərinin işləməsi ilə o, bir qədər dəyi-

şir. Lakin bu dəyişmə, xüsusən də keçid prosesinin ilk anında cüzidir.

Beləliklə, keçid prosesinin analizi göstərdi ki, verilmiş nümunə şəraitində paralel işin dayanıqlığı saxlanılır. Dinamik dayanıqlığın əsas şərti qəzadan sonrakı rejimdə statik dayanıqlıq şərtinin yerinə yetirilməsidir. Baxılan nümunədə turbinin gücü statik dayanıqlıq sərhəddini aşmadığına görə bu şərt yerinə yetirilir.

Əgər keçid prosesində δ bucağı 8 nöqtəsinə uyğun olan qiyməti qabaqlayırsa, onda paralel işin dayanıqlığı pozula bilər. 8 nöqtəsi maksimal tormozlanma sahəsini sağ tərəfdən məhdudlaşdırır. 8 nöqtəsinə uyğun gələn bucaq kritik bucaq (δ_{kr}) adını almışdır. Bu sərhəddi aşan zaman δ bucağının kəskin artması, yəni generatorların sinxronizmdən çıxması müşahidə edilir.

Dinamik dayanıqlıq ehtiyatı maksimal tormozlanma sahəsinin sürətlənmə sahəsinə olan nisbətinə bərabərdir:

$$\mathrm{K}_{\mathrm{eht.din}} = \frac{S_{t.\max}}{S_s} \qquad (8.5)$$

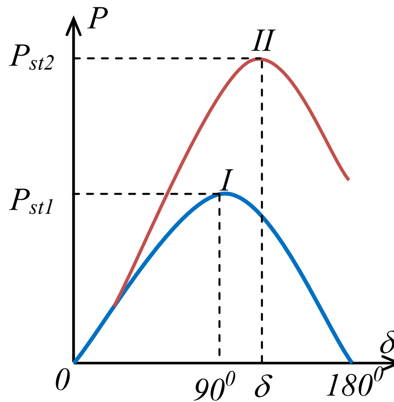
$K_{eht.din}>1$ olduqda, rejim dayanıqlıdır, $K_{eht.din}=1$ olduqda, enerjisistem dayanıqlıq sərhəddində yerləşir, $K_{eht.din}<1$ olduqda, enerjisistemin dayanıqlığı pozulur.

8.4. Statik və dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi üçün vasitələr

Enerjisistemlərdə elektrik ötürməsinin buraxma qabiliyyətini artırmaq üçün göstərilən tədbirlərlə yanaşı müxtəlif növ avtomatik idarəetmə və tənzimləmə, əks-qəza avtomatika vasitələri tətbiq edilir.

8.4.1. Statik dayanıqlığın yüksəldilməsi üçün vasitələr

Statik dayanıqlığın yüksəldilməsinin ən effektiv vasitələrindən biri generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimləyicilərinin tətbiqidir. Şək. 8.5-də generatorların təsirlənməsinin avtomatik tənzimləyiciləri olmayan (I xarakteristikası) və avtomatik tənzimləyicisi olan (II xarakteristikası) elektrik ötürməsinin müqayisəli bucaq xarakteristikaları verilmişdir.



Şək. 8.5. Generatorların TAT-nın elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikasına təsiri

I – TAT olmayan hal üçün xarakteristika;
II – TAT olan hal üçün xarakteristika

Elektrik stansiyası generatorlarının TAT qurğusunun işləməsi zamanı bucaq xarakteristikası şəklini dəyişir: xarakteristikanın maksimumu δ bucağının 90^0-180^0 qiymətlər oblastına sürüşür.

Dayanıqlığın yüksəldilməsinin effektiv vasitəsi kimi bütün növ ATQ-ləri göstərmək olar.

Əgər yuxarıda qeyd edilən vasitələr lazımi qədər dayanıqlıq ehtiyatını təmin etmirsə, onda enerjisistemin tənzimləmə sistemindən turbinin yükünün azaldılması və ya enerjisistemin ötürücü hissəsində generatorların bir hissəsinin açılması yolu ilə enerjisistemin qəbuledici hissəsinə ötürülən gücün məhdudlaşdırılması tətbiq edilir. Sonuncudan həm də dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi üçün bir vasitə kimi istifadə edilir.

Effektivliyi artırmaq üçün enerjisistemin ötürücü hissəsinin iki qeyri-sinxron işləyən hissələrə bölünməsi ilə generatorların gücünün məhdudlaşdırılması müştərək yerinə yetirilir. Sistemin bölünməsi bəzi hallarda elektrik stansiyalarında və yarımstansiyalarında çoxlu sayda açarların açılmasını tələb edir ki, bu da tədbirin etibarlığını aşağı salır. Bundan başqa enerjisistemin bölünməsi güclərin qeyri-balanslığını yarada bilər ki, bu da bölünmüş hissələrin dayanıqlığı üçün təhlükəli ola bilər.

Generatorların güclərinin məhdudlaşdırılmasının nəticəsi kimi yaranan gücün qeyri-balanslığını istisna etmək üçün enerjisistemin ötürücü hissəsində generatorun gücünün məhdudlaşdırılması tələbatçıların bir hissəsinin açılması ilə müştərək yerinə yetirilir. Dayanıqlığın yüksəldilməsinin ən effektiv vasitəsi olan belə kompleks idarəetmənin həyata keçməsi üçün yükün avtomatik açılması sisteminin tətbiqi çoxlu xərc tələb edir.

HES-də generatorların açılması geniş yayılmışdır, çünki hidrogeneratorların yenidən qoşulması az vaxt ərzində (on saniyələrlə) baş verir.

8.4.2. Dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi vasitələri

Qısaqapanma zamanı dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsinin əsas vasitəsi onun davametmə müddətinin aşağı salınmasıdır. Bu vasitənin effektivliyi şək. 8.6-də göstərilmişdir. 3 və $3^{'}$ nöqtələri ilə q.q.-nın müxtəlif davametmə müddətlərində onun sönmə anı işarələnmişdir. $3^{'}$ nöqtəsində q.q.-nın sürətləndirilmiş açılması P_{t1} və II xarakteristikaları, 1-2 və $3^{'}$-$4^{'}$ ordinatları ilə sürətlənmə sahəsini məhdudlaşdırır. Qısaqapanmaların davametmə müddətinin azalması nisbətən sürətli təsir edən mühafizələrin və açarların tətbiq olunması ilə təmin edilir.

Təsirlənmənin sürətləndirilməsi (forsirovka) həmçinin dayanıqlığın yüksəldilməsinə şərait yaradır. Şək. 8.6-da onun təsiri göstərilmişdir. Qısaqapanma zamanı təsirlənmənin sürətləndirilməsi qurğusu təsir edərək generatorun EHQ-ni və elektrik stansiyasının şinlərində gərginliyini artırır. Bu isə elektrik gücünün açılma həcminin azalmasına səbəb olur. Qısaqapanma rejiminə uyğun olan bucaq xarakteristikası $II^{'}$ vəziyyətini alır, sürətlənmə sahəsi azalır: bu sahə P_{t1}, $II^{'}$ xətləri və 1-$2^{'}$, $3^{''}$-4 ordinatları ilə məhdudlanır. Təsirlənmənin sürətləndirilməsi q.q.-nın açılmasından sonra da faydalı ola bilər. Bu halda o, tormozlanma sahəsinin artmasına səbəb olur.

1) Əgər ATQ-nın cərəyansız fasilə müddəti δ bucağının kritik qiymətə çatma müddətindən aşağıdırsa, onda dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi vasitəsi kimi xəttin avtomatik təkrar qoşulması effektiv ola bilər. Belə şəraitdə müvəffəq işləyən ATQ tormozlama sahəsini artırır və bununla da δ bucağının artmasının qarşısını alır (şək. 8.3,b). Praktiki olaraq, göstərilən effekt cərəyansız fasiləsi 0,3-0,5 saniyədən çox olmayan cəld təsiredən ATQ (CATQ) qurğusunun tətbiqindən alınır.

CATQ-nın tətbiq olunmasının çatışmayan cəhəti odur ki, onun qeyri-müvəffəq işi zamanı (q.q. kənarlaşdırılmayan halda xəttin qoşulması) dayanıqlıq şərtləri kifayət qədər pisləşir. Ona görə də CATQ-nı sistemlərarası əlaqələrin tək xətlərində, yaxud

paralel xətlərdən birinin təmirdə olması zamanı tətbiq etmək tövsiyə olunur. Bu halda CATQ-nın müvəffəq işi enerjisistemin hər iki hissəsinin paralel işini qoruyub saxlamağa imkan verir. Lakin onun qeyri-müvəffəq işi zamanı sistemlərarası əlaqə açıldığından dayanıqlığın saxlanması məsələsinə ehtiyac qalmır.

2) *Dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi vasitəsi kimi enerjisistemin ötürücü hissəsinin elektrik stansiyalarında generatorların bir hissəsinin açılması tətbiq edilir.* Bu vasitənin effektivliyi şək. 10.5-də verilmişdir. 5 nöqtəsinə uyğun gələn zaman anında ümumi gücü $P_{0.g}$ olan generatorların açılması turbinin gücünün ilkin P_{t1} qiymətindən P_{t2} qiymətə qədər azalmasına gətirib çıxarır, uyğun olaraq, maksimal tormozlama sahəsinin artmasına səbəb olur. Eyni zamanda kritik bucaq δ_{kr1}-dən δ_{kr2}-yə qədər artır. 5 nöqtəsinin vəziyyəti avtomatika qurğusunun işləmə müddətindən və generator açarlarının açılma müddətindən asılıdır.

Şəkildən görünür ki, keçid prosesində δ bucağının maksimal qiyməti (6 nöqtəsi) δ_{kr2} kritik qiymətini aşmır. Dinamik dayanıqlıq pozulmur. Yeni rejim turbininin gücünün P_{t2} və elektrik gücünün bərabərliyini xarakterizə edən 7 nöqtəsində təyin olunur.

3) İstilik turbinlərinin qısamüddətli impuls yükdən açılması.

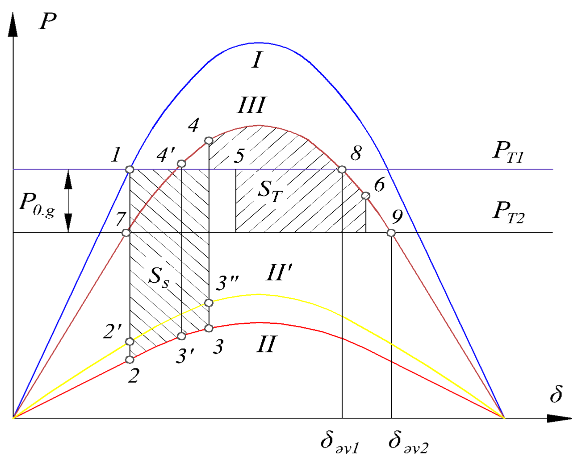
Dinamik dayanıqlığı qoruyub saxlamaq üçün stansiyanın turbininin gücünü qısa müddətə aşağı salmaq kifayət edir. Keçid prosesi qurtardıqdan sonra turbinin gücü bərpa oluna bilər.

Hazırda turbinin impuls yükdən açılması böyük güclü istilik elektrik stansiyalarının bloklarında nəzərdə tutulur. HES-də impuls yükdən açılma tətbiq edilmir. Çünki hidravlik turbinin fırlanma tezliyinin tənzimləmə sistemi asta hərəkət etdiyindən o, effekt vermir.

Hidrostansiyalarda fırlanma tezliyinin cəldtəsirli tənzimləmə sisteminin yerinə yetirilməsi mürəkkəb məsələdir.

Hidravlik tənzimləmə sisteminə malik olan istilik turbinlərinin impuls yükdən açılmasının yerinə yetirilməsi üçün onlar xüsusi elektrohidravlik çeviricilər ilə (EHÇ) təchiz olunurlar. Elek-

rtohidravlik çevirici əks-qəza avtomatika qurğusunun elektrik siqnalını fırlanma tezliyinin tənzimləmə sistemində hidravlik təsirə çevirir.



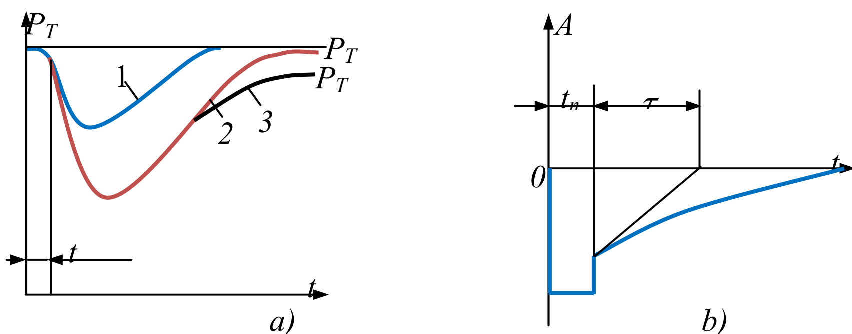
Şək. 8.6. Avtomatika qurğusunun işi nəzərə alınmaqla paralel xətlərin birində q.q. zamanı elektrik ötürməsinin bucaq xarakteristikaları:

I - ilkin rejim xarakteristikası; II - q.q. xarakteristikası; II - həmin xarakteristika, lakin generator təsirlənməsinin sürələndirilməsinin işi nəzərə alınmaqla; III - qəzadan sonrakı rejimin xarakteristikası

Elektrohidravlik çevirici yükdən açılma siqnalının tənzimləmə sisteminə cəld daxil olmasını təmin edir. Yükdən açılma siqnalı aradan qaldırıldıqdan sonra tənzimləmə sistemi turbinin gücünü əvvəlki qiymətinə qədər bərpa edir. Şək. 8.6, a-da EHÇ-dən keçməklə turbinin tənzimləmə sisteminə impuls təsir zamanı turbinin gücünün zamandan asılı olaraq dəyişməsi göstərilmişdir. Yükdən açılmanın dərinliyi və sürəti tənzimləyici impulsun parametrlərindən asılıdır: impulsun A amplitudu və t_1 davametmə müddəti (şək. 8.7, b) 1 və 2 xarakteristikaları

müxtəlif amplitudlu və ya davametmə müddətli impulslara uyğun gəlir. İmpulsun amplitudu və davametmə müddəti nə qədər böyükdürsə, turbinin gücünün aşağı düşməsi bir o qədər tez və dərin olur.

Turbinin gücünün real aşağı düşməsi idarəedici impulsun verilmə anında başlamır, o hidravlik tənzimləmə sisteminin elementlərinin ətaləti və turbinin qarşısında buxar həcmlərinin olması ilə əlaqədar 0,15-0,2 saniyə gecikmə ilə baş verir. Gücün minimal qiyməti tənzimləmə impulsunun verilməsindən 0,5-0,7 saniyə sonra alınır.



Şək. 8.7. EHÇ-dən keçməklə turbinin impuls yükdən açılması:
a - turbinin gücünün zamandan asılı olaraq dəyişməsi;
b - EHÇ-nin elektrik impulsunun forması

Əgər enerjisistemdə həyəcanlanma qəzadan sonrakı rejimin həm dinamik, həm də statik dayanıqlığını saxlamaq tədbirlərinin tətbiqini tələb edirsə, bu halda EHÇ-dən keçən təsirə turbinin idarəetmə mexanizmindən (TİM) keçən turbinin gücünün məhdudlaşması əlavə edilir. Şək. 8.7,a-da verilən 3 xarakteristikası EHÇ və TİM-dən keçən yükdən açılma zamanı turbinin gücünün dəyişməsini göstərir. Qəzadan sonrakı qərarlaşmış rejimdə turbinin P_{T2} gücü ilkin rejimdəki P_{T1} gücündən azdır.

Tənzimləmənin impulsu (şək. 8.7,b) zaman sabiti (τ) ilə xarakterizə edilən mənfi siqnal şəklində eksponensial sönmə əyrisi formasında (gücün azalmasına işləyən siqnal) göstərilir.

8.5. Dayanıqlığın pozulmasına qarşı əks-qəza avtomatika qurğuları

Əks-qəza idarəetmənin mərkəzləşdirilmiş sisteminə əks-qəza idarəetmə rayonunda dayanıqlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün kompleks qurğular daxil edilmişdir. Əks-qəza idarəetmə rayonuna enerjisistemin və ya birləşmiş enerjisistemin bir hissəsi daxildir. Burada idarəedici təsirlərin avtomatik dozalaşdırılması (TAD) qurğusu ilə qəzaya qarşı idarəetmə mərkəzi təşkil olunur.

Şək. 8.8-də əks-qəza avtomatikasının mərkəzləşdirilmiş sisteminin sadələşdirilmiş struktur sxemi verilmişdir. Əks-qəza idarəetmə ərazisinin konfiqurasiyasından, qurğunun reaksiya verdiyi həyəcanlanmanın növündən, dayanıqlığın yüksəldilməsi məqsədilə istifadə edilən vasitələrdən asılı olmayaraq ƏQA sistemi aşağıdakı qarşılıqlı əlaqəli əsas qurğuları özündə birləşdirir.

1) İşəsalma orqanları (İO) enerjisistemdə dayanıqlıq üçün təhlükəli olan qəza həyəcanlanmalarını və ya keçid proseslərini, həmçinin bu həyəcanlanmaların ağırlıq dərəcəsini aşkarlayır.

Qısaqapanmanın ağırlığı, məsələn, onun növü, davametmə müddəti, aktiv gücün qiyməti və ya gərginliyin azalması ilə qiymətləndirilir.

Enerjisistemin elementlərinin açılma ağırlığı statik dayanıqlıq həddinin azalma dərəcəsi ilə qiymətləndirilir.

İşəsalma orqanlarının işə düşməsi zamanı onların çıxışlarında A siqnalları yaranır ki, bu da idarəedici təsirlərin siqnallarının formalaşması üçün digər ƏQA qurğularında istifadə edilir.

İşəsalma orqanları qəza həyəcanlanmaları qeyd olunan obyektlərdə yerləşdirilir. İşəsalma orqanlarının sayı verilmiş idarəetmə rayonlarında ehtimal olunan və təhlükəli həyəcanlanmaların sayına uyğun olur.

2) Ölçü orqanları (ÖO) enerjisistemin ilkin rejiminin parametrlərini ölçür (elektrik veriliş xətləri üzrə güc axınları, generatorların artıq yüklənməsi və s.) və şəbəkənin ilkin sxemi haqqında informasiya verir (elektrik veriliş xətlərinin qoşulması və ya açılması haqqında və s.). Bu informasiya ilkin rejimin gərginliyini xarakterizə edir və TAD qurğularının işləməsi üçün istifadə edilir.

Ölçü orqanları kimi enerjisistem elementlərinin açarlarının açılma və qoşulma vəziyyətini qeyd edən qurğulardan və ölçülən parametrlərin vericilərindən istifadə edilir.

3) İdarəedici təsirlərin avtomatik dozalaşdırılması (TAD) qurğusu ilkin rejimin parametrlərindən, şəbəkə sxemindən asılı olaraq, müvafiq işəsalma orqanı ilə qeyd olunan hər bir həyəcanlanma üçün paralel işin dayanıqlığını saxlamaq məqsədilə idarəedici təsirlərin intensivliyini təyin edir. TAD qurğusu əks-qəza idarəetmə rayonunda ƏQA-nın mərkəzi qurğusu hesab olunur. TAD qurğusu öz işi üçün informasiyanı işəsalma orqanlarından (A siqnalından) və ölçü orqanlarından (Ö, S siqnallarından) alır. İdarəedici təsirlərin siqnalı (İ) işəsalma orqanlarının (İO) işə düşməsindən sonra TAD qurğusu ilə hasil edilir.

İşləmə prinsipinə görə TAD qurğusu məntiqi-hesab qurğusudur. O, məntiqi rele elementlərinin və ya kompüterlərin tətbiqi ilə yerinə yetirilir. Sonuncu halda TAD qurğusunda idarəedici təsirlərin hesablanmış qiymətləri ayrıca olaraq dozalaşmanın avtomatik yadda saxlanması (DAY) qurğusunda saxlanılır. DAY qurğusu TAD qurğusunun yerində quraşdırılır (şək. 8.7-də göstərilməyib). Bundan başqa əlavə olaraq, DAY qurğusu idarəedici təsirlərin realizasiya yerlərində, məsələn, ESt2 elektrik stansiyasında quraşdırıla bilər.

DAY qurğusu sazlamanın H siqnalına görə ESt2 elektrik stansiyasında işəsalma orqanlarının qəza siqnallarının keçməsi üçün dövrəni ilkin rejimə hazırlayır. Kənara çıxarılmış DAY qurğularının (TAD qurğusunun quraşdırma yerinə nəzərən) tətbiqi əks-qəza idarəetmənin cəld işləməsini təmin edir. Belə ki, bu halda işəsalma orqanların siqnallarının ESt2-dən TAD-a ötürülməsi

və müvafiq təsiredici idarəetmə siqnallarının TAD-dan ESt2-yə ötürülməsi tələb olunmur.

Şək. 8.8. Əks-qəza idarəetmə ərazisində ƏQA-nın struktur sxemi

Əks-qəza avtomatika sisteminin etibarlığını artırmaq üçün (kompüterin tətbiqi ilə) DAY qurğularının yaddaş elementlərinin vəziyyətinə müntəzəm olaraq nəzarət edilir. Bunun üçün yaddaş elementlərinin müəyyən olunmuş vəziyyətinə uyğun olan siqnallar (K siqnalı) TAD qurğusuna ötürülür. Burada bu siqnallar TAD qurğusu tərəfindən hasil edilən sazlama siqnalları ilə müqayisə edilir. Bu siqnallar üst-üstə düşmədikdə nasazlığı bildirən siqnalizasiyası işə düşür.

4) İcra qurğuları (İQ) TAD qurğusu ilə seçilmiş müəyyən intensivlikli idarəedici təsirləri reallaşdırır.

5) Avtomatika siqnallarının teleötürmə (ASTÖ) qurğusu ƏQA sisteminin arıyı-ayrı qurğularının öz aralarında qarşılıqlı təsiri və əlaqəsini təmin edir. ASTÖ qurğusunun köməyi ilə aşağıdakı siqnalların teleötürülməsi yerinə yetirilir: ƏQA-dan TAD-a (və ya DAY-a) ötürülən qəza siqnalları; TAD-dan (və ya DAY-

dan) İQ-yə ötürülən idarəedici təsir siqnalları; İQ-dan TAD-a ötürülən ilkin rejim və şəbəkə sxemi haqqında informasiyalar; TAD-dan DAY-a ötürülən kənara çıxarılmış DAY qurğularının sazlama siqanalları; DAY-dan TAD-a ötürülən DAY qurğularının elementlərinin vəziyyətinə nəzarət siqnalları.

İşəsalma orqanlarının siqnalları və idarəedici təsir siqnalları qəza informasiyasını təşkil edir. O, kifayət qədər sürətlə və ləngimədən ötürülməlidir. Bu məqsədlə siqnalların cəld işləyən teleötürmə aparatlarından istifadə edilir. Digər siqnallar qəzaya qədər olan informasiyanı təşkil edir. Bu informasiyanın fasiləsiz olaraq, müxtəlif növ telemexanika qurğuları ilə ötürülməsi təmin olunur.

8.6. Əks-qəza idarəedici təsirlərin avtomatik dozalaşdırılması

Dayanıqlığın saxlanması üçün idarəedici təsirlərin effektivliyi böyük sayda faktorlardan asılıdır. Həm də idarəedici təsirlərin effektivliyini təyin edərkən enerjisistemin nə qədər çox parametrləri nəzərə alınarsa, hesabat nəticələri bir o qədər dəqiq alınar. Bu daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, izafi idarəedici təsirlər əks-qəza tədbirlərindən yaranan iqtisadi ziyanın əsaslandırılmamış artımına səbəb olur, idarəedici təsirlər kifayət etmədikdə isə, əsas məqsəd olan enerjisitemin dayanıqlığının saxlanması təmin oluna bilmir.

Bu məqsədlə əks-qəza idarəedici təsirlərin dozalaşdırılması (dozalara və ya hissələrə bölünməsi – ƏQTD) geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. ƏQDT qurğusu işəsalma orqanları ilə qeydə alınan hər bir qəza həyəcanlanmaları üçün qəzanın yaranmasına qədər ilkin rejimdə idarəedici təsirlərin intensivliyini təyin edir.

Beləliklə, DPLA-nın işləmə effektivliyi əks-qəza idarəedici təsirlərin EES-in dayanıqlığının pozulması təhlükəsini yaradan həyəcanlandırıcı təsirlərin müxtəlif növlüyünə və onların ağırlıq

dərəcələrinə uyğunluğu ilə təyin edilməlidir.Bu təsirlər geniş aprior və işçi informasiyalar əsasında dozalaşdırılır.

Qəza rejimlərində dinamik dayanıqlığın və ya qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın pozulmasının aradan qaldırılması üçün elektrik verilişinin buraxma qabiliyətinin müvafiq olaraq qısa- və uzunmüddətli artırılması və ya onun yüksüzləşdirilməsi (ötürülən gücün azaldılması) tədbirləri həyata keçirilir.

Zəruri olan yüksüzləşdirmə gücü $\Delta P_{y,a}$ və ya elektrik verilişinin ekvivalent induktiv müqavimətinin azaldılması ΔX_{ev} onun güc xarakteristikarı əsasında təyin olunur. Sadə metodika əsasında qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın pozulmasının ləğvi üçün ötürülən güçün azaldılma miqdarı müəyyən edilir. Məsələn, müxtəlif uzunluqlu elektrik veriliş xətlərindən birinin açılması ilə şərtlənən iki mümkün həyəcanlanma halında SES-in istehsal gücünün müxtəlif səviyyələrdə azaldılması tələb olunur.

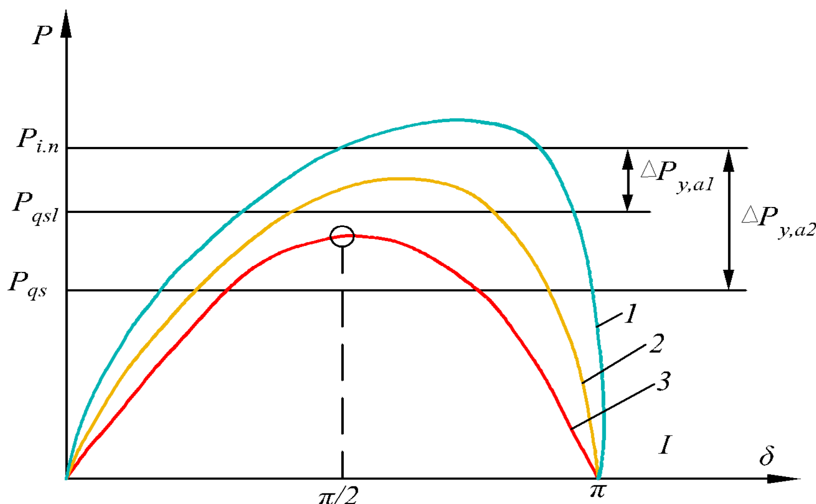
Avtomatik idarə olunan elektrik verilişinin güc xarakteristikalarına uyğun olaraq (şək. 8.9), normal - 1 və qəzadansonrakı - 2 və ya daha ağır – 3 rejimlərdə EVX-nin yüksüzləşdirilməsi məqsədilə SES-in generasiya gücünün azaldılması $\Delta P_{y,a1} < \Delta P_{y,a2}$ zəruridir.

Gücün azalma miqdarı $\Delta P_{y,a}$ ilkin normal rejimdə xətdən ötürülən güc $P_{i.n}$ və statik dayanıqlığın saxlanması üçün zəruri olan minimal güc ehtiyatı əmsalı $k_{m.qs} = 1{,}08$ ilə məhdudlaşan qəzadan sonrakı rejimdə buraxılabilən güc $P_{m.qs}$ arasındakı fərq kimi hesablanır. Müntəzəm olmayan rəqsləri nəzərə almaqla ötürülən güc $\Delta P_n \approx 0{,}1 P_{i.n}$:

$$\Delta P_{y.a} = P_{i.n} + \Delta P_n - \Delta P_{m.qs} = 1{,}1 P_{i.n} - \frac{P_{m.qs} - 0{,}1 P_{m.qs}}{k_{eh.qs}} = 1{,}1 P_{i.n} - \frac{0{,}9 P_{m.qs}}{1{,}08} \quad (8.6)$$

burada $P_{qs.b}$ – qəzadan sonrakı rejimdə elektrik verilişinin sərhəd gücüdür.

Ən çox yüksüzləşdirmə elktrik verilişinin sərhəd gücü $P_{qs.b}$ və normal rejimdə statik dayanıqlığın saxlanması üçün zəruri olan ehtiyat güc əmsalı $k_{eh.n} = 1{,}2$ ilə məhdudlaşan, normal rejimdəki ötürülən ən böyük buraxılabilən güc $P_{m.n.b}$ zamanı lazım gəlir:



Şək. 8.9. Avtomatik idarə olunan elektrik verilişinin normal (1) və müxtəlif ağırlıqlı qəzadan sonrakı rejimlərdə (2,3) güc xarakteristikaları

$$\Delta P_{y.a,m} = P_{m.n.b} - P_{m.qs} = \frac{P_{m.n} - \Delta P_n}{k_{eh.n}} - \frac{P_{m.qs}}{k_{eh.qs}} \qquad (8.7)$$

İstənilən rejimdə $U_G = const$ və generatorun daxili müqavimətinin tam kompensasiyasını təmin edən adi mütənasib-diferensial (güclü təsirli) TAT halında yazarıq:

$$P_{m.n} = \frac{U_G U_C}{x_{ev.n}}; \qquad P_{m.qs} = \frac{U_G U_C}{x_{ev.qs}} \qquad (8.8)$$

burada $x_{ev.n}$, $x_{ev.qs}$ – uyğun olaraq normal və qəza rejimlərində blokun transformator x_T və xətlərinin x_w yekun müqavimətləridir.

Xüsusi halda, uzununa forsirovka kompensasiyası (*UFK*) şəklində əks-qəza idarəedici təsir ilə tutum müqavimətinin Δx_C diskret artırılması halında və xəttin müqaviməti $x_{w.qs} > x_{w.n}$ olduqda

$$x_{ev.qs} = x_T + x_{w.qs} - x_{C.n} - \Delta x_C \qquad (8.9)$$

burada $x_{C.n}$ – normal rejimdə uzununa kompensasiya müqavimətidir.

Dinamik dayanıqlığın pozulmasının ləğvi üçün hidrogeneratorların elektrik tormozlanmasını və buxar turbinlərinin qısamüddətli impuls yüksüzləşdirilməsini təmin edən ən xarakterik və effektiv idarəedici təsirlərin dozalara (hissələrə) bölünməsi elektrik tormozlanmaya və turbinin U_i impulsunun intensivliyinin eksponensial olaraq azalmasına gətirən düzbucaq şəkilli A_i idarəedici impulsun formasının, davametmə müddətinin və səviyyəsinin formalaşdırılmasından ibarətdir (şək. 8.10,a). Turbinin P_T gücünün cəld azalması hesabına (şək. 28,b) turbogeneratorun rotorunun tormozlanma sahəsi S_T artır (şək. 8.10,c). $P_T = const$ halında ilkin (qəzayaqədərki) rejimdə ötürülən *1* güc xarakteristikası ilə məhdudlaşan S_T sahəsi EES-də qısaqapanma zamanı ötürülən gücün *2* xarakteristikasının aşağı düşməsi ilə şərtlənən S_S sürətlənmə sahəsindn kiçik ola bilər.

Artıq kinetik enerjiyə malik olan turbogeneratorun rotoru dönür və turbogenerator sinxronizmdən çıxır: δ bucağı $2\pi -$ yə qədər artır və periodik olaraq dəyişir ($0 < \delta < 2\pi$) (şək. 8.10,d).

Turbinin P_{T1} və xüsusilə P_{T2} gücünün cəld azalması zamanı tormozlanma sahəsi artır ($S_{T2} > S_{T1} > S_S$), bucaq $\delta_{1nb} > \delta_{2nb}$ qiymətinə çatdıqdan sonra rotor bir neçə sönən yırğalanma periodlarından sonra (şək. 2,d-də δ_1 və δ_2 əyriləri) δ_n bucağı ilə xarakterizə olunan ilkin vəziyyətə qayıdır, dinamik dayanıqlıq pozulmur.

P_{T1} və P_{T2} güclərinin azalma sürəti və dərəcəsi (şək. 8.10,b) U_{i1}, U_{i2} idarəedici mpuls təsirlərinin intensivliyindən və davametmə müddətindən, onun bərpa olunması prosesi isə, eksponensial sönən təsirin τ_1, τ_2 zaman sabitlərindən (şək. 8.10,a) asılıdır.

Turbogeneratorun impuls yüksüzləşdirilməsi üçün idarəedici təsirlərin dozalara bölünməsi üzrə hesabatların məzmunu və həcmi sürətlənmə və tormozlanma sahələrinin, istilik texniki və mexaniki parametrlərinə uyğun olaraq turbinin gücünün azalması və bərpa prosesləri asılılıqlarının hesablanması, A_i, $T_{i,}$ τ_i zəruri qiymətlərinin təyinindən ibarətdir.

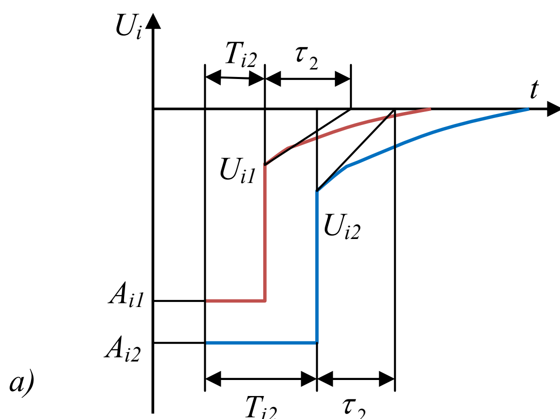
Ümumi halda DPLA-nın mərkəzləşdirilmiş və iyerarxik sistemlərinin kompüterlərinin dozalara bölünmüş idarəedici təsirlərinin formalaşdırılması çoxfaktorlu təcrübə planlaşdırılması prinsipi əsasında həll edilən mürəkkəb qeyri-xətti proqramlaşdırma məsələsidir. $j-$ cu həyəcanlandırıcı təsir zamanı gücün ΔP_{ij} dəyişməsinə zəruri $i-$ci əks-qəza idarəedici təsir ilkin gücün k qiymətləri (əvvəlki həyəcanlandırı təsirdə) və sxemin l vəziyyətinə uyğun olaraq polinomial funksiya kimi aşağıdakı kimi hesablanır [31]:

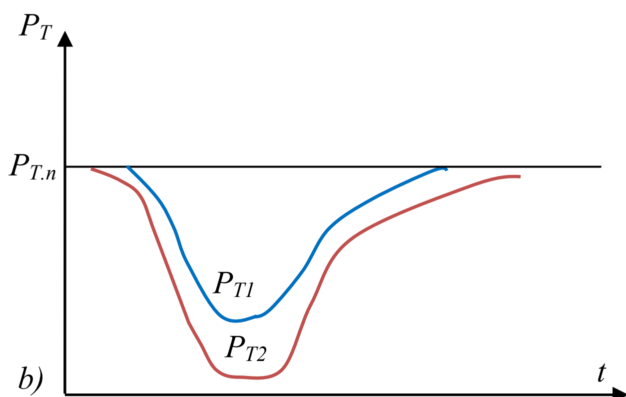
$$\Delta P_{ij} = C_{0ij} + \sum_{k=1}^{n} \sum_{k=l}^{n} C_{klij} P_k P_l \qquad (8.10)$$

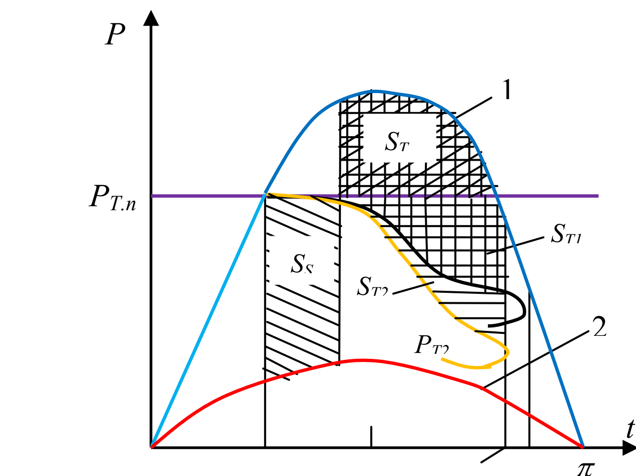
burada C – hər bir həyəcanlandırıcı təsir və qəzadan sonrakı rejimlər üçün hesablanan çəki əmsallarıdır.

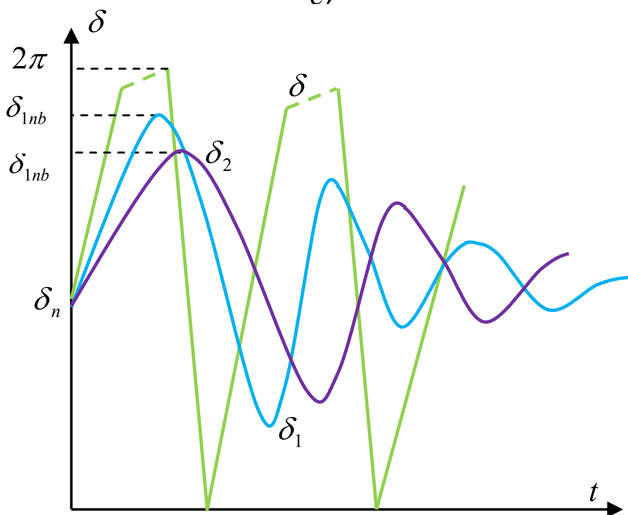
Qeyd edək ki, ƏQTD qurğusunun releli icrasında idarəedici təsirlər pilləli aproksimasiedici xarakteristika ilə şərtlənən xəta ilə təyin edilir. Bu onun çatışmazlığıdır.

(8.10) ifadəsi DPLA-nın əks-qəza təsirlərin dozalaşdırılması avtomatikasının effektiv işləməsini və həm qəzadan sonrakı rejimlərdə statik dayanıqlığın saxlanması, həm də qəza rejimlərində dinamik dayanıqlığın pozulmasının ləğvi üçün zəruri olan əks-qəza idarəedici təsirlərin hesablanmasını təmin edən ümumi alqoritmdir.









Şək. 8.10. Turbogeneratorun yüksüzləşdirilməsinə (a), turbinin gücünün (b) və elektrik verilişi bucağının (d) dəyişməsinə impuls təsirlərinin qrafikləri və elektrik verilişinin dinamk dayanıqlığının saxlanması üçün turbogeneratopun impuls yüksüzləşdirmə effektivliyi əyrisi (c)

Analoq tipli ƏQTD isə belə çatışmazlığıa malik deyil. Analoq ƏQTD-nin çıxışı idarəedici təsirlərin qiymətinə mütənasib olan gərginlikdir. İdarəedici təsirlər enerjisistemin çoxsaylı parametrlərindən asılı olduqda və eyni zamanda böyük sayda işəsalma orqanları üçün idarəedici təsirlərin qiymətlərini təyin etmək tələb olunursa, onda həm rele elementli, həm də analoq tipli ƏQTD qurğuları mürəkkəb, böyük qabaritli alınırlar və çətin idarə olunurlar.

Ona görə də belə hallar üçün enerjisistemlərdə (5) ümumi alqoritmi əsasında kompüterlərdən istifadəyə əsaslanan rəqəmli ƏQTD-lər geniş tətbiq olunmağa başlanmışdır. Əks-qəza idarəedici təsirlərin qeyd olunan müasir hesablanma üsulları mümkün maksimal dinamik dayanıqlığa və elektromexaniki keçid proseslərinin sönmə dərəcəsinə nail olmağı təmin edir.

8.7. Əks-qəza avtomatikasında qəza siqnallarının teleötürülmə qurğusu

Əks-qəza avtomatikası sisteminin tərkib hissələrindən biri qəzaya qədər informasiya və qəza siqnallarının televerilişi qurğusudur. Qəzaya qədərki informasiyanın ötürülməsi enerjisistemlərdə geniş tətbiq olunan müxtəlif tipli telemexanika qurğularının köməyi ilə həyata keçirilir. İcra orqanlarının işləməsi, idarəetmə əmrləri və ƏQA-nın digər qəza siqnalları haqqında informasiyaların televerilişi üçün VÇTO-M (ВЧТО-М – yüksək tezlikli tele açma – YTTA) tipli yüksəktezlikli teleaçma aparatı geniş tətbiq tapmışdır. Qurğu elektrik veriliş xətti ilə yüksəktezlikli əlaqə kanalı üzrə beşə qədər siqnalın ötürülməsini təmin edir.

Lakin ƏQA sisteminin mürəkkəbləşməsi ilə əlaqədar olaraq, ötürülən informasiyanın həcmi artır və cəldl işləməyə təlabat yüksəlir. Ona görə də VÇTO-M aparaturası yeni tələbləri tam həcmdə ödəyə bilmir. Müasir dövrdə qəza siqnallarının televerilişi üçün yeni aparat kompleksi işlənmişdir. Bu qurğu aşağıdakılardan ibarətdir:

– aşağı tezlikli avtomatika siqnallarının yaradılması üçün ANKA (ATKA) tipli avtomatikanın aşağı tezlikli kanal aparaturası;

– ANKA qurğusunun aşağı tezlikli siqnallarının yüksək tezlikli siqnallara çevrilməsi üçün nəzərdə tutulmuş AVPA (ƏQA üçün yüksəktezlikli aparatura – ƏQYA) tipli yüksək tezlikli aparatura.

VÇTO-M aparaturası kimi bu aparat kompleksi də elektrik veriliş xətləri vasitəsilə yaradılmış yüksək tezlikli (YT) kanallar üzrə siqnalların ötürülməsini təmin edir. Aparaturanın hava EVX-yə qoşulma sxemi şək. 8.11-də göstərilmişdir. YS1 ötürücü məntəqəsində işəburaxma orqanlarının İO siqnallarının ötürülməsini həyata keçirən ANKA və AVPA apraturlarının vericiləri quraşdırılır. Qəbuledici YS2 məntəqəsində ANKA və AVPA qəbuledicilərinin köməyi ilə ötürülən siqnalların qəbulu və İQ icra qurğusunda onların realizasiyası həyata keçirilir.

Əgər əlaqə kanalı kimi xüsusi ötürücü xətt (kabel əlaqəsi) istifadə olunursa, onda avtomatika siqnallarının ötürülməsi üçün bir ANKA aparatından istifadə etmək kifayətdir. Aparaturanın tonal və YT hissələrinin ayrılıqda icrasının üstünlüyü bundadır. VÇTO-M tipli apraturada bu hissələr bir qurğuda yerləşdirilmişdir. ANKA aparaturası diskret avtomatika siqnallarının, telemexanika və ya sənaye tezlikli gərginlik fazalarının vericidə aşağı tezlikli tezlik-modulyasiya siqnallarına və bu siqnalların qəbuledicidə əksinə çevrilmələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Aparaturanın iki modifikasiyası vardır: 14 siqnalın ötürülməsi və qəbulu üçün ANKA-14 və 4 siqnalın ötürülməsi və qəbulu üçün ANKA-4. Qəbuledici və ötürücü məntəqələrdə telemexanika siqnallarının ötürülməsi üçün müvafiq telemexanika aparaturasından (şəkildə TM aparaturu) istifadə olunmalıdır. Bundan başqa, əlavə olaraq qəbuledici məntəqədə telemexanika siqnallarının tezlik-modulyasiya rəqslərinin sonradan telemexanika qəbuledicisində istifadə olunan sabit cərəyan verilişlərinə çevrilməsi üçün nəzərdə tutulan TVA teleinformasiyanın verilişi aparaturasının qəbuledicisi istifadə olunmalıdır.

Qəza avtomatika siqnallarının ötürülməsi bir tezlikli impuls kodu ilə həyata keçirilir, başqa sözlə, hər bir avtomatika siqnalına müəyyən tezlikli impuls uyğun gəlir.

Sakit rejimdə (qəza siqnalları olmadıqda) tezlik generatoru fasiləsiz olaraq nəzarət tezliyi hasil edir.

Nəzarət tezliyinin ötürülməsi zamanı fasiləsiz olaraq əlaqə kanalının sazlığına nəzarət olunur ki, bununla da qəza siqnallarının ötürülməsi üçün aparaturanın hazırlığı təmin olunur. Vericinin girişinə işçi avomatika siqnalları daxil olduqda nəzarət tezliyinin verilişi dayanır və avtomatikanın uyğun tezlikli siqnallarının verilişi həyata keçirilir.

İdarəedici siqnalın ötürücünün girişinə verilmə anından qəbuledicinin çıxış relesinin işləmə anına qədər bir siqnalın ötürülməsinin minimal vaxtı 20msan-dan artıq olmur (qurğu açıq olduqda qəbuledicidəki ləngimə).

Telemexanika qurğularının (teleölçü və telesiqnalizasiya TÖ – TS) hasil etdiyi telemexanika siqnlları tezlik manipulyasiyası üsulu ilə nəzarət tezliyində ötürülür. Standart ikiqütblü sabit cərəyan impulsları telemexanika vericisindən manipulyatora daxil olur ki, bu da generatorun tezliyini nəzarət tezliyinə nisbətən $\Delta f = \pm 60\,Hs$ qiyməti qədər dəyişir.

ANKA vericisi TÖ – TS siqnalları əvəzinə sənaye tezlikli gərginliyin fazasını ötürməyə imkan verir. Bunun üçün manipulyatorun girişinə sənaye tezlikli gərginlik verilir. Gərginlik fazasının ötürülməsi də tezlik manipulyasiyası üsulu ilə yerinə yetirilir.

TÖ – TS siqnallarının və ya gərginlik fazasının ötürülməsi fasiləsiz aparılır. Qəza avtomatika siqnalları yarandıqda telemexanika siqnallarının və ya fazanın ötürülməsi qəza siqnallarının verilmə müddətində kəsilir, başqa sözlə, qəza siqnallarına üstünlük verilir. ANKA qəbuledicisi qəza siqnalı və sənaye tezlikli gərginlik fazası üçün 14 ədəd qəbuledici düyünə malikdir. Qəza siqnalları darzolaqlı işçi tezlikli süzgəclərlə ayrılır, hansı ki, ötürücü generatorun müxtəlif tezliklərinə sazlanır.

Şək. 8.11. YT aparaturasının EVX-yə qoşulma sxemi

8.8. Rejim parametrlərinin yol verilməyən dəyişmələrinin ləğvi avtomatikası

8.8.1. Gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası

Məlumdur ki, EES qovşaqlarında gərginlik sinxron generatorlar (kompensator rejimində hidrogeneratorlar), reversiv təsirlənən sinxron kompensatorlar, fasiləsiz və diskret idarə olunan reaktor-kondensatorlu mənbələr, xüsusilə, tiristor çeviricili və açarlı mənbələr – statik tiristor kompensatorları (STK) vasitəsilə saxlanılır. Gərginliyin azalması qəza rejimləri üçün xarakterikdir və reaktiv güc defisitinin yaranması səbəbindən baş verir. Ona görə də ƏQA kompleksində enerjisistemin düyünlərində yüklərin dayanıqlığı və elektrik stansiyalarının işinin etibarlılığı şərtləri üzrə təhlükəli həddə qədər (gərginlik uçurumu) gərginliyin azalmasının qarşısının alınması üçün gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası (GAMA) nəzərdə tutulur.

Davamiyyət müddətini nəzərə almaqla gərginliyin təhlükəli səviyyəsi konkret şəraitlə təyin olunur. GAMA qurğusu tələbatın gərginlikdən asılılığını, alçaldıcı transformatorlarda YAT qurğusunun, kondensator batareyasının və uzun çox yüklənmiş elektrik veriliş xətlərinin olmasını nəzərə almaqla tətbiq edilir. GAMA qurğusu çoxpilləli yerinə yetirilir və qəza rejimində gərginlik uçurumu səbəbindən ümumi sistem qəzaların inkişafı ehtimalını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

GAMA qurğusu davamiyyət müddətini nəzərə almaqla bilavasitə gərginliyin azalması əlamətinə görə işləyir. GAMA qurğusunun işinin sürətləndirilməsi üçün gərginliyin törəməsinə (dəyişmə sürətinə) nəzarət dövrələri də nəzərdə tutula bilər. Gərginlik üzrə yerli siqnalların istifadəsi zamanı qurğu kifayət qədər effektivliyi təmin etmədikdə siqnalların televerilişi və zədələnmənin fiksə olunması ilə tamamlanmış daha mürəkkəb qurğular tətbiq olunur. Bu halda digər rejim parametrlərinə də (məsələn, reaktiv gücün qiyməti, generatorun rotor cərəyanı) nəzarət olunur.

Reaktiv güc defisitini aradan qaldırmaq üçün GAMA qurğusu onun generasiyasını (kompensasiyanın forsirovkası) artırır və (və ya) onun tələbatını azaldır (şuntlayıcı reaktorların açılması, yüklərin açılması). İdarəedici təsir aşağıdakı ardıcıllıqla seçilir: şuntlayıcı reaktorların açılması, kompensasiyanın forsirovkası (sürətləndirilməsi). Bundan başqa, tranzit axınlardan reaktiv güc itkisini aradan qaldırmaq üçün şəbəkənin bölünməsi tətbiq oluna bilər. Bu və ya digər tədbirlərin tətbiqi mümkün olmadıqda və ya qeyri-effektiv olduqda yüklərin açılmasına yol verilir. Açma üçün baxılan düyündə təlabatçı olmadıqda qonşu düyünlərdəki az məsul olan tələbatçıları açmağa yol vertilir.

GAMA qurğusu aşağıdakıları təmin etməlidir:

a) iki gərginlik transformatorundan davamiyyət müddətini nəzərə almaqla ayrı-ayrı fazalar üzrə gərginliyin azalmasının qeydə alınması;

b) gərginlik dövrələrindəki nasazlıqlar və xarici qurğulardan gələn siqnallar üzrə işləmənin bloklanması;

c) gərginliyin $(0{,}8 \div 1{,}0)U_{nom}$ bərpa olunmasından sonra 0-dan 60 saniyəyə qədər dözmə müddəti ilə (addım 1san olmaqla) $0{,}01U_{nom}$ addımla tələbatçıların (xəttlərin) avtomatik təkrar qoşulması.

GAMA qurğusu $0 \div 60\,san$ diapazonda (1san addımla) fərdi dözmə müddəti və gərginliyə görə $(0{,}8 \div 1{,}0)U_{nom}$ intervalında qoyuluş qiyməti olan ($0{,}01U_{nom}$ addımlı) 3-dən az olmayaraq pilləyə malik olmalıdır.

GAMA qurğusunda aşağıdakılar nəzərdə tutulmalıdır:

- 2-dən az olmayan diskret giriş;
- 9-dan az olmayan diskret çıxış;
- 8-dən az olmayan hər hansı növ analoq giriş;
- 2-dən az olmayan diskret çıxış siqnalizasiyası.

GAMA qurğusunun hər bir pilləsi vahidə yaxın qaytarma əmsalına malik ($k_q = 1{,}03 \div 1{,}05$) iki minimal gərginlik relesindən

ibarətdir. Bu relelər qurğunun ölçü hissəsinin müəyyən olunmuş işləmə gərginliyinə xırda pilləli sazlanmasını təmin edir, məsələn, aşağıdakı kimi üç pilləli:

$$U_i = (0{,}75;\ \ 0{,}8;\ \ 0{,}85)\frac{U_{nom}}{k_q} \qquad (8.11)$$

Məntiqi hissə rele mühafizəsindən, ATQ və ya EAQ qurğularının işləmə vaxtından kənarlaşdırılmış minimal dözmə müddətli zaman relesinə malikdir. Belə ki, qısaqapanmanın yaranması, ləğvi və ya açılması prosesində gərginliyin azalmaları zamanı (hətta sıfıra qədər) GAMA qurğusu yükü açmamalıdır. Xırda pilləli sazlama GAMA tərəfindən yüklərin (hər şeydən əvvəl elektrik mühərriklərinin) və ya onları qidalandıran xətlərin açılması, ifrat yüksək gərginlikli EVX-nin uzununa kompensasiya kondensatorlarının ardıcıl seksiyalarının qoşulması və ya paralel seksiyalarının açılması, eninə kompensasiya reaktorlarının açılması yerinə yetirilən gərginliyin azalma dərəcəsinə müəyyən adaptasiyanı təmin edir.

330 kV və daha yüksək gərginlikli şəbəkələrdə GAMA qurğusu reaktiv güc kompensatorlarının (RGK) iş rejiminin və ya istismar vəziyyətinin dəyişməsinə, 220 kV və aşağı gərginlikli şəbəkələrdə isə RGK-nın iş rejiminin və ya istismar vəziyyətinin dəyişməsinə və ya elektrik enerji tələbatçılarının açılmasına təsir edir. GAMA-nın təsiri gərginliyin yol verilməyən artmasına və gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikasının işləməsinə səbəb olmamalıdır.

8.8.2. Gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası

Gərginliyin yüksəlməsi böyük reaktiv güc generatoru olan yüksək və xüsusilə, ifrat yüksək gərginlikli EVX-nin ötürülən

aktiv güclə yüklənməsi azaldıqca inkişaf edən ağırlaşmış rejimlər üçün xarakterikdir. Belə xətlərin birtərəfli açılması gərginliyin açıq tərəfdə kəskin, qoşulduğu qidalandırıcı yarımstansiya şinlərində isə, az dərəcədə artmasına gətirib çıxarır.

Ona görə də ƏQA kompleksində elektroenergetika obyektlərinin avadanlıqlarında gərginliyin qiymətinin və onun davamiyyət müddətinin yol verilməyən yüksəlməsinin qarşısının alınması məqsədilə gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (GYMA) nəzərdə tutulur. Qeyd edək ki, gərginliyin buraxılabilən səviyyəni keçməsi müddəti 20 dəqiqədən aşağıdırsa, onda GYMA tələb olunmur.

GYMA qurğusu uzunluğu 200 km-dən az olmayan bütün 500 kV və yuxarı gərginlikli EVX-nin hər iki tərəfində qoyulur. 500kV-luq az uzunluqlu xətlərdə, həmçinin, 330kV və aşağı gərginlikli xətlərdə GYMA-nın zəruriliyi və qoyulma yeri layihələndirmə əsasında təyin olunur.

GYMA qurğusu ikipilləli yerinə yetirilir və hər fazada gərginliyin qiymətinə və onun artması müddətinə, həmçinin, EVX-də reaktiv güc axınının istiqamətinə nəzarət edir.

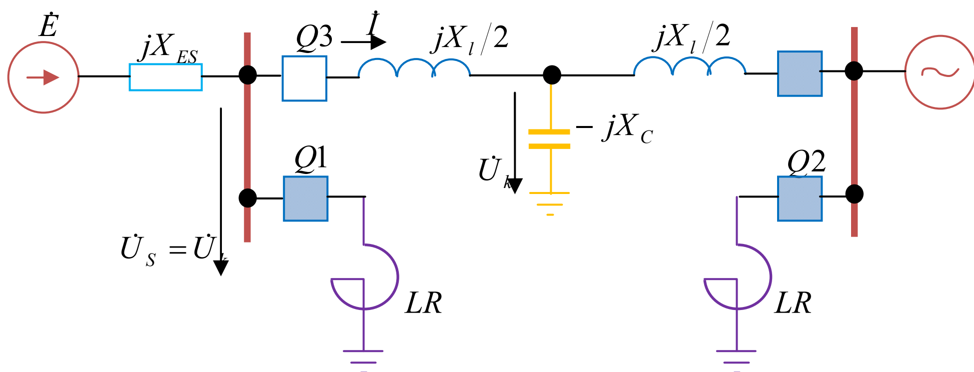
İkipilləli GYMA adətən xətdə reaktiv gücün generasiyası və reazonans hadisəsi ilə əlaqədar gərginliyin yol verilməyən artması hallarında kompensasiyaedici reaktorları qoşur və xətti açır. GYMA əsasən bir tərəfdən açılmış xətlərdə və ya onun qoşulması, yəni yüksüz işləmə rejimlərində işləyir (şək 8.12). Rezonansa yaxın rejimlərdə U_{nom} gərginliyi və ES^t və ya YS şinlərindəki U_k gərginliyi xəttin sonun açıq halında uyğun olaraq 1,5 - 2,0 dəfə nominal qiyməti keçə bilər. Məsələn, xüsusi tutum keçiriciliyi $b_c = 3{,}7 \cdot 10^{-6}\ 1/Om \cdot km$ (tutumu 0,5mkF) və müqaviməti $X_C = 0{,}6 \cdot 10^3\ Om$ olan 500 km uzunluqli gərginliyi 500 kV olan EVX $Q_l = 250\,MVAr$ reaktiv güc generasiya edir.

Şinlərdə və xəttin sonunda gərginliklər (şək. 8.12)

$$U_S = \left| \dot{I} \cdot j\left(\frac{X_l}{2} - X_C \right) \right| = \left| \dot{E} \right| \frac{X_C - \frac{X_l}{2}}{X_C - \left(X_{ES} + \frac{X_l}{2} \right)} > E \qquad (8.12)$$

$$U_k = \left| \dot{I} \cdot (-X_C) \right| = \left| \dot{E} \right| \frac{X_C}{X_C - \left(X_{ES} + \frac{X_l}{2} \right)} > U_S \qquad (8.13)$$

$X_{ES} = X_l = 150\,Om$ olduqda gərginliklərin qiymətləri EHQ $E -$nin qiymətindən uyğun olaraq 1,4 və 1,7 dəfə böyük olur. Bununla yanaşı, gərginliyin yüksəlməsi həm səviyyə və həm də davamiyyət müddətinə görə 1,25 və 2,0 dəfəlik üzrə uyğun olaraq 20 san-dən 0,1 san-dək sərt məhdudlaşdırılır.



Şək. 8.12. Elektrik verilişinin sxemi

LR kompensasiyaedici reaktorunun cəldtəsirli qoşulması ilə elektrik verilişinin tutum keçiriciliyinin və beləliklə də gərginliyin azalmasına nail olunur. Lakin GYMA tərəfindən onların qoşulması kifayət qədər effektli olmadıqda, başqa sözlə, şinlərdəki

U_S gərginliyi nominaldan böyük qalarsa, onda avtomatika dözmə müddəti ilə yüksüz rejimdə qalan xətti açır.

ŞP2704 (ШП2704) əks-qəza avtomatika şkafı – tipik GYMA paneli buraxılır. GYMA-nın funksional sxemi (şək. 8.13) [31] üçfazal yerinə yetirilən ölçü (işə buraxıcı) və işçi orqanlardan ibarətdir. İkipilləli gərginlik işəburaxma orqanı altı böyük qaytarma əmsallı ($k_q \approx 0{,}95$) müxtəlif qoyuluş işləmə gərginlikli maksimal faza KV1 - KV6 gərginlik relelərindən ibarətdir. Birinci pillənin üç KV1 - KV3 maksimal relesi uzunmüddətli minimal buraxılabilən $U_{S1} = 1{,}1U_{nom}$ gərginliyindən, KV4 - KV6 releləri isə, xəttin açılmasının $t_2 = 1san$ dözmə müddəti ilə müəyyən müddətə buraxılabilən gərginlikdən, məsələn, $U_{S2} = 1{,}5U_{nom}$-dən kənarlaşdırılır.

Birinci pillə LR reaktorunun Q1 açarını qoşur (şək. 8.12), ikinci pillə isə xəttin Q3 açarının açılması və onun ATQ-yə qadağası üçün nəzərdə tutulmuşdur. Reaktor qoşulduqdan sonra U_S gərginliyi KV1 - KV3 relelərinin qaytarma gərginliyinə qədər azalmadıqda, başqa sözlə, $U_S \succ 1{,}1U_{nom}$ olursa, onda $t_1 \geq t_2$ dözmə müddəti ilə xəttin birinci pillə tərəfindən də açılma imkanı nəzərdə tutulmuşdur.

Seçici orqan əks tərəfdən (ESt və ya YS şinindən adətən bir neçə xətt çıxır) açılmış xəttin aşkar olunması üçün lazımdır. Bu orqan faza gərginliklərinə və üç faza cərəyanına qoşulmuş, güc şindən xəttə istiqamətləndikdə, daha doğrusu gücün birtərəfli qoşulmuş xətt ilə generasiyası zamanı işləyən KQ1 - KQ2 reaktiv güc ölçü releləri komplektindən ibarətdir (şək. 8.13-də onların bir komplekti göstərilmişdir).

Dəqiq işləməsi üçün onların işləmə reaktiv gücü birinci pillənin içəburaxma orqanının qoyuluş işləmə gərginliyinə uyğun $U_S = U_{q1}$ gərginliyində əks tərəfdən açılmış xəttin generasiya etdiyi gücdən 1,5 dəfə az seçilir. Onların selektivliyi üçün isə – 1,25 dəfədən az olmayaraq yük rejimində xətdən şinə istiqamətlə-

nən maksimal reaktiv gücdən böyük götürülür (reversiv elektrik verilişi zamanı).

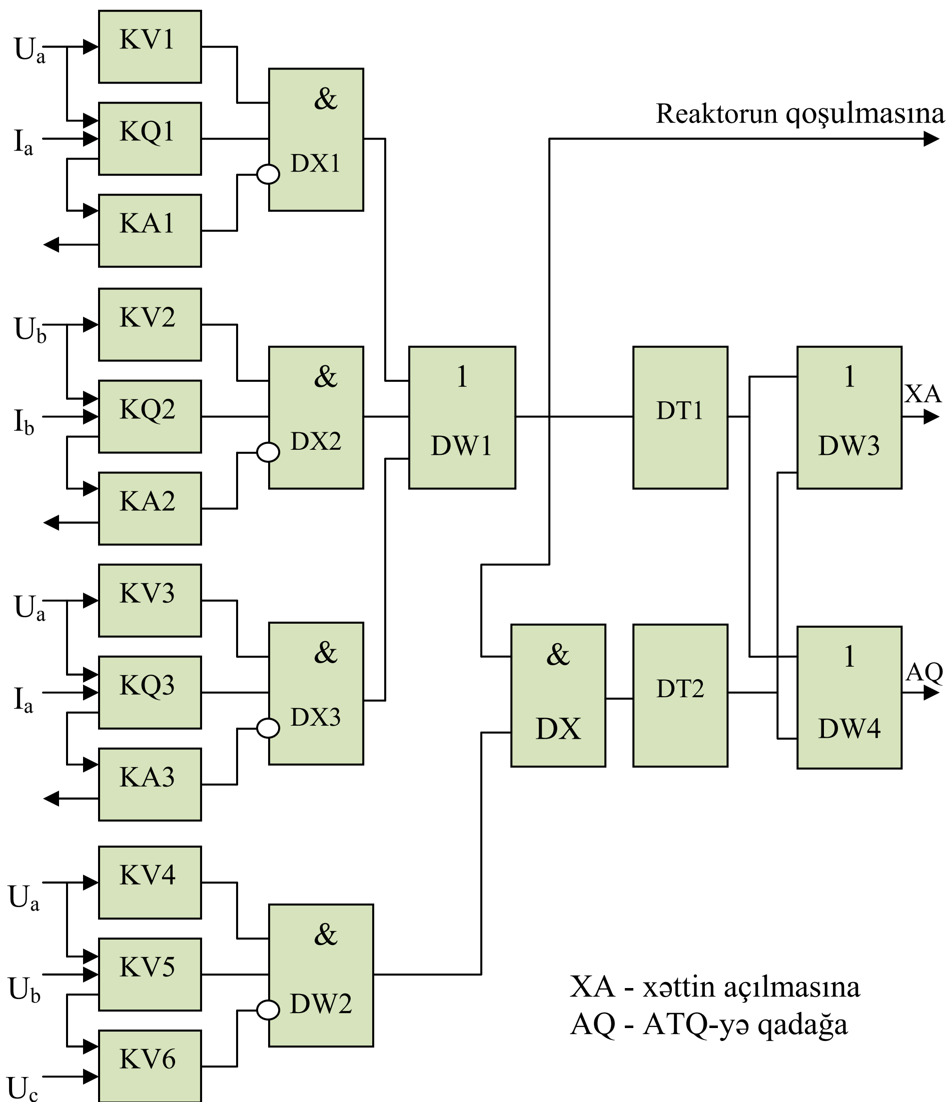
Əlavə olaraq xətdəki cərəyana nəzarət nəzərdə tutulmuşdur: KQ relesinin işçi rejimin reaktiv gücündən qeyd edilən kənarlaşdırılması mümkün olmadıqda göstərilən birtərəfli qoşulmuş xəttin generasiya etdiyi reaktiv güclə şərtlənən cərəyandan böyük qoyuluş işləmə cərəyanlı KA1 - KA3 faza cərəyanları maksimal ölçü releləri reaktorun qoşulması və xəttin açılması avtomatikalarının işləməsinə qadağa qoyur.

Bu zaman həm də xətdən ötürülən maksimal aktiv güc işçi rejimində reaktiv güc relesinin səhv (lüzumsuz) işləməsi təhlükəsi də nəzərə alınır.

İşəburaxma və seçici orqanların lazımı qarçılıqlı təsiri GYMA qurğusunun məntiqi hissəsi ilə təmin olunur. Uyğun olraq ölçü KV1 - KV3 gərginlik və KQ1 - KQ3 relelərindən daxil olan diskret (vahid) siqnalların məntiqi vurma $D\overline{X}1 - D\overline{X}3$ (VƏ – QADAĞA) elementləri, DW1 məntiqi cəmləmə (VƏ YA) elementi gərginlik yüksəldikdə və reaktiv güc axını xətdən şinə olduqda, əgər onunla şərtlənən cərəyan KA1 - KA3 maksimal ölçü cərəyan relelərinin qoyulmuş işləmə cərəyanını aşmırsa, kompensasiyaedici reaktorun qoşulması üçün diskret icra siqnalı formalaşdırır.

DT1 zaman elementinin t_1 dözmə müddəti ilə DW3 və DW4 vasitəsilə birinci pillə xətti aça və onun ATQ-sinə qadağa qoya bilər.

DW2 elementi vasitəsilə DX (VƏ) məntiqi elementin birinci (aşağıdakı) girişinə daxil olan məntiqi vahid siqnalı formalaşdıran işəburaxma orqanının (KV4 - KV6 releləri) ikinci pilləsi DT2 zaman elementinin $t_2 \geq t_1$ dözmə müddəti ilə, yalnız birinci pillə işlədikdən sonrakı vəziyyətdə olma şərti daxilində (DW1-dən DX elementinin ikinci (yuxarıdakı) girişində məntiqi vahid siqnalı olması), xəttin açılmasına və onun ATQ-sinə qadağa qoyulmasına (DW3 və DW4 elementləri vasitəsilə) işləməyə icazə verir.



Şək. 8.13. Gərginliyin yüksəlməsi zamanı kompensasiyaedici reaktorun qoşulması və xəttin açılması avtomatik qurğusunun funksional sxemi

Kompensasiyaedici reaktorun avtomatik qoşulmasının digər üsulu da vardır ki, burada ifrat gərginlikdən reaktorun qoşulma dövrəsindəki qığılcım aralığının deşilməsində istifadə olunur. Göstərilən dövrədə yaranan cərəyanlar ölçü cərəyan releləri vasitəsilə qeyd olunurlar və açılmış açarın, xüsusilə də LR reaktorunun Q1 açarının qoşulması yerinə yetirilir.

Beləliklə, ikipilləli GYMA qurğusu ümumi şəkildə aşağıdakı kimi işləyir.

Birinci (həssas) pillə hər hansı faza gərginliyinin təsiredici qiyməti $1{,}1U_f$ qiymətini keçdikdə aşağıdakı kimi işləyir:

– 1 san dözmə müddəti ilə xəttin verilmiş tərəfindəki şuntlayıcı reaktorun qoşulmasına;

– 1,5 san dözmə müddəti ilə xəttin əks tərəfindəki şuntlayıcı reaktorun qoşulmasına;

– 6 san dözmə müddəti ilə üçfazalı ATQ-yə qadağa qoymaqla xəttin hər iki tərəfdən açılmasına.

İkinci (kobud) pillə faza gərginliklərinin hər hansı birinin ani qiyməti $(1{,}2-1{,}4)U_X$ qiymətini keçdikdə:

– 0,15 san dözmə müddəti ilə üçfazalı ATQ-yə qadağa qoymaqla xəttin hər iki tərəfdən açılmasına işləyir.

GYMA-nın təsiri zamanı xəttin açarının imtinası hallarında üçfazalı ATQ-yə qadağa qoymaqla qonşu birləşmələrin açılmasına işləyən AİEQ (açarın imtinasını ehtiyatlandıran qurğu) nəzərdə tutulur.

8.9. Tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası

Tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası (TYMA) İES və AES – lərdə turbinlərin təhlükəsizlik avtomatikasının işləməsi mümkün olan səviyyəyə qədər enerjisistemdə tezliyin yolverilməyən yüksəlməsinin qarşısının alınması məqsədilə tətbiq olunur. Bundan başqa, SES-də tezliyin 60 Hs-ə qədər yüksəlməsini məhdudlaşdırmaq üçün İES olmayan düyünlərdə

mühərrik yüklərinin normal rejiminin təmin olunması üçün, həmçinin fırlanma tezliyi tənzimləyicilərinin təsiri altında blokların yükünün minimal yol verilən qiymətə qədər azalmasının qarşısını almaq məqsədilə İES-də tezliyin yüksəlməsinin davamiyyət müddətini məhdudlaşdırmaq üçün də TYMA qurğusundan istifadə edilir.

TYMA qurğusu enerjisistemin elə hissələrində yerləşmiş stansiyalarda quraşdırılır ki, izolə rejimində işlədikdə tezliyin ilkin tənzimlənməsinin təsirini nəzərə almaqla 53 Hs-ə qədər onun yüksəlməsinə gətirə bilən böyük izafi güc artıqlığı yaradır.

TYMA qurğusunun qoyuluş parametri təhlükəzislik avtomatlarının qoyuluş qiymətlərindən aşağı olmalıdır və 51 - 53 Hs diapazonda yerləşir və generatorların açılmasına təsir edir.

SES-də quraşdırılmış TYMA qurğularının sazlanması İES və AES-də quraşdırılmış TYMA qurğularına nəzərən onların birinci növbədə işləməsini təmin edir. TYMA qurğusunun işi birinci pilləsinin işləmə tezliyi 51,5 Hs olmaqla tezlik və zaman üzrə müxtəlif qoyuluş qiymətli pillələrlə (iki pillədən az olmayarq) yerinə yetirilir.

TYMA-nın ehtiyatlandırılması məqsədilə sxem və rejim şərtlərinə görə mümkün olan yerdə təqribən balanslaşdırıcı yüklə birlikdə İES-in ayrılmasına təsir edən tezlik üzrə bölücü avtomatika quraşdırılır. Bölücü avtomatika 52 - 53,5 Hs diapazonunda işləmə tezliyinə malik olmaqla ani təsir edir.

8.10. Tezliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası

Enerjisistemdə tezliyin 45 Hs-ə qədər azalması tezlik uçurumunun baş verməsi, başqa sözlə, başqa sözlə, enerjisistemin "dağılması" ilə nəticələnə bilər. Tezlik 48 Hs-ə düşdükdə AES və İES - in buxar turbinlərinin təhlükəsizlik avtomatları işə düşür ki, bunun özü də enerjisistemin işinin pozulmasına gətirib çıxarır.

Tezliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikasının (TAMA) vəzifəsi tezliyin 45 Hs-ə qədər azalmasının qarşısının

alınmasından, enerjisistemin işləməsini 46 Hs tezliklə 10 san, 47 Hs tezliklə 20 san və 48,5 Hs tezliklə isə 60 san müddətinə məhdudlaşdırmaqdan ibarətdir.

Enerjisistemdə aktiv güc çatışmazlığı ilə əlaqədar tezliyin azalması zamanı TAMA aşağıdakıları həyata keçirir:

- tezlikdən yükaçma (TYA);
- böyük yerli güc defisitləri zamanı əlavə açmalar;
- aktiv güc ehtiyatının səfərbər edilməsi;
- balanslaşdırıcı yüklə birlikdə elektrik stansiyasının enerjisistemdən ayrılması, elektrik stansiyasının xüsusi sərfiyyatının qidalandırılması məqsədilə generatorların ayrılması;
- tezlik bərpa olunduqdan sonra açılmış tələbatçıların qidalandırılmasının bərpa olunması.

Tezlik aşağı düşdükdə bölücü avtomatika elektrik stansiyasının xüsusi sərfiyyatına işləyən və XS şinlərində normal tezliyi saxlayan generatorların ayrılmasına və balanslayıcı yüklü İES-in enerjisistemdən ayrılmasına təsir edir. Bölücü avtomatika ikipilləli yerinə yetirilir. Birinci pillə 0,5 san dözmə müddəti ilə 45 - 46 Hs tezlikdə işləyir. İkinci pillə 47 Hs işləmə tezliyinə malikdir və işləmə müddəti 30 - 40 saniyədir.

Enerjisistemdə tezlik aşağı düşdükdə aktiv güc ehtiyatları avtomatik səfərbər olunur. SES-də qoyulan avtomatika qurğusu tezlik azaldıqda generatorun işə salınması, şəbəkəyə və tam yükə qoşulması, həmçinin sinxron kompensator rejimində işləyən hidrogeneratorların generator rejiminə keçirilməsi üçün təsir edir. Bundan başqa, tam yüklə işləməyən İES və AES generatorlarının cəld yüklənməsi həyata keçirilir.

Enerjisistemdə aktiv güc defisiti ləğv edildikdən sonra TYA tərəfindən açılan tələbatçılar tezlikdən işləyən ATQ-nin köməyi ilə avtomatik olaraq şəbəkəyə qoşulurlar. TYA-dan sonra ATQ 49,5 - 50 Hs tezlikdə işləyir və növbə ilə açılmış tələbatçıları işə qoşur. ATQ-nin birinci pilləsinin işləmə müddəti 10 - 20 san təşkil edir. Qonşu növbələrin işləmə müddətləri arasındakı minimal

interval 5 saniyədir. Şəbəkəyə qoşulan yük tezlikdən işləyən ATQ növbələri arasında təqribən bərabər paylanılır.

8.11. Avadanlığın ifrat yükənməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası

Avadanlığın ifrat yüklənmədən məhdudlaşdırılması avtomatikası (AİMA) cərəyan üzrə əhəmiyyətli dərəcədə artıq yüklənmə zamanı avadanlığın zədələnməsindən xəbərdarlıq üçün nəzərdə tutulmuşdur. AİMA qurğusu nəzarət olunan avadanlıqda cərəyanın təhlükəli həddə yüksəlməsinə reaksiya verir və 20 dəqiqədən artıq müddətdə cərəyan yol verilən həddi keçdikdə işləyir.

AİMA qurğusu elektrik stansiyasının yüksüzləşdirilməsinə, yükün açılmasına, elektrik şəbəkəsinin bölünməsinə işləyir və ya ifrat yüklənmiş avadanlığı açır.

AİMA qurğusu pilləli yerinə yetirilə bilər.AİMA pillələri bir - birindən həm cərəyan və həm də işləmə müddətinə görə fərqlənə bilərlər.

8.12. Asinxron rejim və və onun ləğvi üçün avtomatik qurğular

Normal rejimdə paralel qoşulmuş generatorlar sinxron işləyirlər. Sinxron rejimdə sistemdə olan bütün işləyən generatorların EHQ-ləri eyni tezliyə malik olurlar və belə halda onların vektorları da eyni bucaq sürəti ilə fırlanırlar. Qərarlaşmış rejimdə generatorların EHQ-ləri arasındakı bucaq dəyişməz qalır və EVX ilə ötürülən aktiv gücün qiymətindən asılı olur.

Asinxron rejim enerjisistemin ayrı-ayrı hissələrinin paralel işinin dayanıqlığının pozulması nəticəsində yaranır və onunla xarakterizə olunur ki, bir elektrik stansiyası və ya enerjisistemin bir hissəsi onun digər hissəsinin tezliyindən fərqli tezliklə işləyir. Bu isə enerjisistemin həmin hissələrinin EHQ vektorları arasındakı bucağın qeyri-məhdud artmasına səbəb olur.

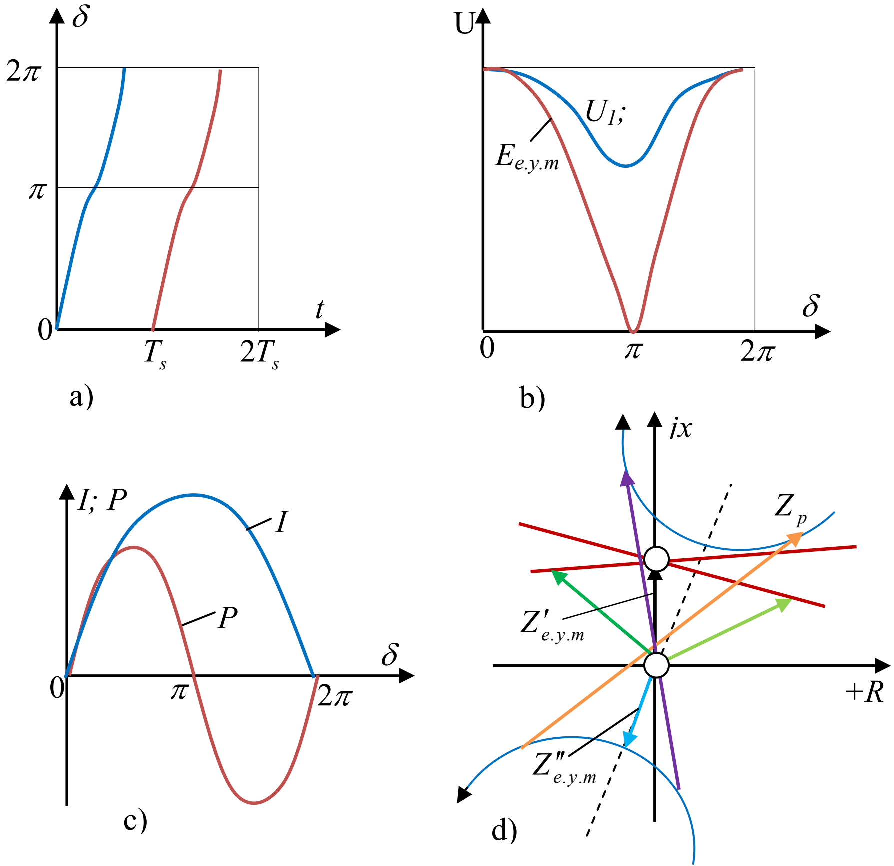
EES-in DPLA ilə təchiz olunmasına bazmayaraq, elektrik stansiyalarının və ya sistemin ayrı-ayrı hissələrinin paralel işinin dayanıqlığı aşağıdakı səbəblərdən pozula bilər: cəldtəsirli mühafizələrin imtinası və qısaqapanmanın ehtiyat mühafizələr tərəfindən açılması; qeyri-sinxron ATQ; əks-qəza idarəedici təsirlərin qozalaşdırılmasının qəzanın ağırlıq dərəcəsinə uyğun olmaması; DPLA-nın kifayət dərəcədə effektli işləməməsi; əks-qəza idarəetməsinin ayri-ayri-avtomatik qurğularının imtinası.

Asinxron rejimin xarakterik əlamətləri bunlardır: enerjisistemin qeyri-sinxron işləyən hissələrinin ekvivalent EHQ-ləri arasındakı bucağın periodik dəyişməsi; elektrik verilişinin müxtəlif nöqtələrində gərginliyin periodik dəyişməsi; elektrik verilişinin cərəyanı və aktiv gücünün periodik dəyişmələri; müqavimət relesinin sıxaclarında müqavimətin dəyişməsi. Şək. 8.13-də qeyd olunan parametrlərin dəyişmə qrafikləri təsvir olunmuşdur.

Sinxron generatorlar üçün hətta buraxılabilən halda belə, asinxron rejim EES üçün ciddi təhlükə yaradır. Gərginliyin periodik azalması ilə müşahidə olunan asixron rejim elektrik stansiyaların xüsusi sərfiyyat aqreqatlarının dayanmasına, tələbatçıların mühərrik yüklərinin açılmalarına və nəhayət son nəticədə ümumi sistem qəzaların inkişafına gətirib çıxara bilər. Ona görə də asinxron rejimin aradan qaldırılması üzrə əks-qəza avtomatik idarəetməsi nəzərdə tutulmalıdır. Bu isə asinxron rejimin avtomatik ləğvi (ARAL) qurğusu ilə yerinə yetirilir.

EES-də formalaşan şəraitdən asılı olaraq, asinxron rejimə qısamüddətli, bəzən isə nisbətən uzunmüddətli yol verilə və ya ümumiyyətlə yol verilməyə bilər. Qüvvədə olan direktiv materiallara əsasən asinxron rejimin 2-3 dəq davam etməsinə yol verilə bilər [5].

Ona görə də asinxron rejimin ləğv olunması sinxron generatorlara və ya bəzən EES-in yükünə müvafiq idarəediici təsirlər göstərməklə və ya EES-in tədricən qeyri-sinxron işləyən hissələrə bölünməsi yolu ilə yerinə yetirilir.



Şək. 8.13. Asinxron rejimdə bucağın (a), gərginliyin (b), cərəyanın və gücün (c), müqavimətin (d) dəyişmə diaqramları

Buna uyğun olaraq ARAL qurğusu üç qrupa bölünür:

- sinxronizmin pozulma əlamətləri baş verdikdə və ya asinxron rejimin birinci tsikli müddətində (generatorun rotorunun bir dəfə tam dönməsi) əks-qəza idarəedici təsirlər formalaşdıran qurğular;
- adətən bir neçə asinxron rejim tsikllərindən sonra yenidən sinxronlaşmanı həyata keçirən və 30 san davametmə müd-

dətinə qədər uzanan asinxron rejim halında EES-in bölünməsinə təsir edən qurğular;
- dayanıqlığın pozulmasının başlanğıc fazasında EES-in bölünməsinə təsir edən cəldtəsirli qeyri-selektiv qurğular.

Yenidən sinxronlaşmanı həyata keçirən ARAL avtomatik qurğusu yalnız birtezlikli asinxron rejimlər zamanı kifayət dərəcədə effektli olur. Üçtezlikli asinxron rejimin yaranma ehtimalı olduqda isə, yəni EES-in üç qeyri-sinxron işləyən hissəsi yarandıqda, onun ləngimədən bölünməsi yerinə yetirilir.

Müxtəlif ARAL qurğuları işlənmiş və müvəffəqiyyətlə fəaliyyət göstərirlər. Bu qurğular EES-in elektrik parametrlərinin asinxron rejimlər üçün xarakterik olan periodik dəyişmələrindən istifadə əsasında işləyirlər.

8.13. Mikriprosessorlu ARAL

Rele kontaktlı və mikrosxemli kontaktsız ARAL qurğularına asinxron rejimin yaranması təhlükəsini xarakterizə edən əsas parametrlərin – δ bucağı və S sürüşməsi – dolayı olaraq təyini üsullarının mükəmməl olmaması və müxtəlif təyinatlı ölçü orqanlarının istifadəsi (ölçü müqavimət relesi *KZ*, aktiv güc relesi *KW* və digər relelər) ilə şərtlənən müəyyən çatışmazlıqlar xarakterikdir. Bunlara aşağıdakıları göstərmək olar:
- δ bucağının kritik qiymətə çatmazdan əvvəl asinxron rejimin yaranması təhlükəsinin aşkar olunmasının mümkün olmaması;
- məhdud cəldtəsirli ölçü relelərinin və zəruri gecikmələrlə əlaqədar böyük sürüşmələr zamanı (başqa sözlə, onun baş verməsinin ən ağır halı) asinxron rejimin aşkar olunmasının çətinliyi;
- müxtəlif tipli ölçü orqanların statik və xüsusilə dinamik xarakteristikalarının uzlaşdırılması dürüstlüyünün kifayət dərəcədə olmaması və mürəkkəbliyi.

Mikroprosessorlu hesablama texnikasının real zamanda informasiyanın emalı üsulları və texniki vasitələri δ bucağı, s sürüşməsi və onun törəməsi ds/dt kimi göstərilən əsas parametrlərə birbaşa nəzarətin yerinə yetirilməsinə, onların cəldtəsirli hesablanma alqoritmlərinin tətbiqinə və bununla avtomatikanın texniki təkmilliyinin əhəmiyyətli dərəcədə artırılmasına, xüsusilə asinxron rejimin inkişafının aradan qaldırılması üzrə təsir effektivliyinin yüksəldilməsinə imkan verir.

Mikroprosessorlu ARAL qurğusunun işləmə alqoritmi sürüşmə və bucaq arasındakı $s = f(\delta)$ funksional əlaqəsindən (faza trayektoriyası) və onun asinxron rejimin təhlükəli inkişafı üzrə təyin olunan s_{bb} buraxılabilən qiymətindən istifadəyə əsaslanır (şək. 8.14,a) [31]:

$$-s_{bb}^2 = 2\omega \frac{P_{G\max}}{P_s}\left[\left(\pi - \delta - \delta_q\right)\sin\delta_q - \left(\cos\delta + \cos\delta_q\right)\right] \qquad (8.14)$$

burada $\delta_q = \arcsin\left[\left(P_T P_s\right)/P_{G\max}^2\right]$; P_T – $E1$ EHQ-li elektrik stansiyalarının ekvivalent turbininin gücü; $P_{G\max}$ – elektrik stansiya generatorlarının maksimal gücü; P_s – elektrik verilişinin sərhəd gücü.

Faza trayektoriyası 1 və 2 xətləri ilə aproksimasiya olunur (şək. 8.14,a). Bu zaman asinxron rejimin yaranma təhlükəsini müəyyən edən avtomatikanın birinci pilləsinin qoyulmuş işləmə bucağı aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\delta_{qI} \approx \delta + ks \qquad (8.15)$$

Birinci pillənin işləməsi yalnız asinxron rejimin inkişafı prosesində, yəni onun birinci T_s tsiklində nəzərdə tutulur və sürüşmə buraxılabilən qiyməti aşdıqdan sonra $(|s| > |s_{bb}|)$ qadağan olunur.

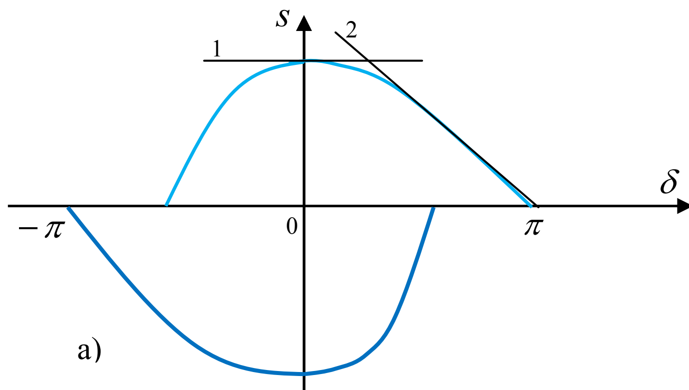
Qısaqapanmadan və elektrik verilişinin sahələrinin açılmasından ARAL-in kənarlaşdırılması üçün U_1 və ya U_2 gərginliyinin ΔU qədər, bucağın $\Delta\delta$ qədər və ya sürüşmənin Δs qədər diskret olaraq azalmaları üzrə onun işləməsinə qadağa qoyulur.

İkinci pillə asinxron rejimin ən azı bir tsikli keçdikdən sonra işə düşür. Onun vəzifəsi artıq inkişaf edən asinxron rejimin qarşısının alınmasından ibarətdir.

İkinci pillənin işləməsindən müəyyən olunmuş müddət keçdikdən sonra (20 saniyəyə qədər) üçüncü pillənin işləməsinə icazə verilir. Asinxron rejimin hər bir tsiklinin davametmə müddətinə nəzarət olunur.

Funksional üstünlük, asinxron rejimin inkişafı elektromexaniki keçid prosesinin real zamanında informasiyanın emalı və əks-qəza idarəedici təsirlərin formalaşdırılması cəldtəsirli alqoritmlərin tətbiqi ilə təmin olunur:

- gərginliyi ortoqonal mürəkkəbələrə ayıran qeyri-rekursiv (sonlu impuls xarakteristikasına malik) rəqəmsal tezlik süzgəcləri vasitəsilə sənaye tezlikli gərginliyin rəqsi mürəkkəbəsinin ayrılması;
- gərginliyin düz ardıcıllıqlı simmetrik mürəkkəbələr, onların amplitudları,faza və tezliklərinə dair rəqəmsal siqnalların formalaşdırılması;
- modelləşdirilən elektroenergetika sisteminin iki hissəsinin E_1 və E_2 EHQ-ləri arasında δ faza sürüşmə bucağının, ortoqonal mürəkkəbələrdən istifadə etməklə sürüşmənin s və onun törəməsinin hesablanması.



x_0, y_0; K=0; k_{max}=5

y < 0?

Hə

Yox

C_k=-1

C_k=1

$x_{k+1}= x_k+2^{-k}C_k y_k$

$y_{k+1}= y_k - 2^{-k}C_k x_k$

k=k+1

$k>k_{max}$

Yox

Hə

$U_m=y_5$
Çıxış

b)

Şək. 8.14. Mikroprosessorlu ARAL-ın işləmə alqoritmi

a - sürüşmənin bucaqdan asılılıq əyrisi; b - xəyali oxla üst-üstə düşməyə qədər gərginlik vektorunun dönmə alqoritminin blok sxemi

Ortoqonal mürəkkəbələrin qeyri-rekursiv süzgəclərinin impuls xarakteristikalarının davametmə müddəti adətən bir Ortoqonal mürəkkəbələr üzrə məlum üsullarla düz ardıcıllıqlı simmetrik mürəkkəbə formalaşdırılır [30].

Gərginliyin amplitudası və faza sürüşmə bucağının hesablanması qeyri-ənənəvi üsulla - kompleks müstəvinin xəyali oxu ilə üst-üstə düşməsinə qədər vektorun "dönməsi" - yerinə yetirilir [28].

Nisbi bucaq təcili olaraq tezlik və sürüşmə gərginliyin və ya onun ortoqonal mürəkkəbələrinin üç ardıcıl diskret ani qiymətləri əsasında hesablanır.

Şək. 8.14,b-də ilkin x_0, y_0 qiymətlərinə görə $\dot{U}_m$ vektorunun xəyali oxla üst-üstə düşməsinə döğru beş ardıcıl yaxınlaşmada ($k = 1 \div 5$) x_{k+1}, y_{k+1} koordinatlarının hesablanma alqoritminin blok-sxemi göstərilmişdir. Gərginliyin amplitudu vektor döndükdən sonra $U_m = y_5$ olur. Bir hesablamadan sonra dönmə bucağı $\theta_k = arctg\left(2^{-k}\right)$.

Mikroprosessorlu ARAL-ın funksional sxemi şək. 8.15-də göstərilmişdir. Hesablayıcı hissə (HH) yalnız 16-dərəcəli Rusiya istehsalı olan K1810BM88 və ya uzaq xarici istehsal olan TMS-32010 tipli MP1 mikroprosessoru və cəldtəsirli 10-dərəcəli K1108ПB1 tipli ARÇ bazasında işləyə bilər. 580BM80A seriyalı mikroprosessor yalnız MP2 servis kimi istifadə etmək üçün yararlıdır. MP1 mikroprosessoru fərdi kompüterlə əlaqə üçün interfeysə və AİS-lə optik lifli əlaqə çıxışına malikdir.

Yaddaş və məntiqi əməliyyat elementləri K555, K561, K574 seriyalı inteqral mikrosxemləri, xüsusi olaraq isə yenidən proqramlaşdırılan yaddaş qurğusu (YPYQ) K555ИД7 mikrosxemi üzərində realizə olunur [28].

Ölçü-çevirici funksional hissə (ÖÇH) ikinci ölçü gərginlik çeviricisinə (ÖGÇ) və faza cərəyanlarını gərginliyə çevirən bloka (CGÖÇ), analoq-tezlik süzgəclərinə (ATS), multipleksirlara (MPL) və çevirmə əmsalı idarə olunan ARÇ-yə malikdir. ARÇ

optika-elektron qalvanik açılma elementləri (QAE) vasitəsilə giriş dövrələrindən elektrik uzaqda yerləşir. Az inersiyalı analoq-tezlik süzgəcləri yüksək tezlikli rəqsi sərbəst və məcburi mürəkkəbələri ləngidərək giriş gərginliklərinin ilkin emalını yerinə yetirir.

Şək. 8.15-də ÖÇH-ın tərkibində giriş diskret siqnal relesi (DSR) və mikroprosessoru idarə edən klaviatura (KL) göstərilmişdir.

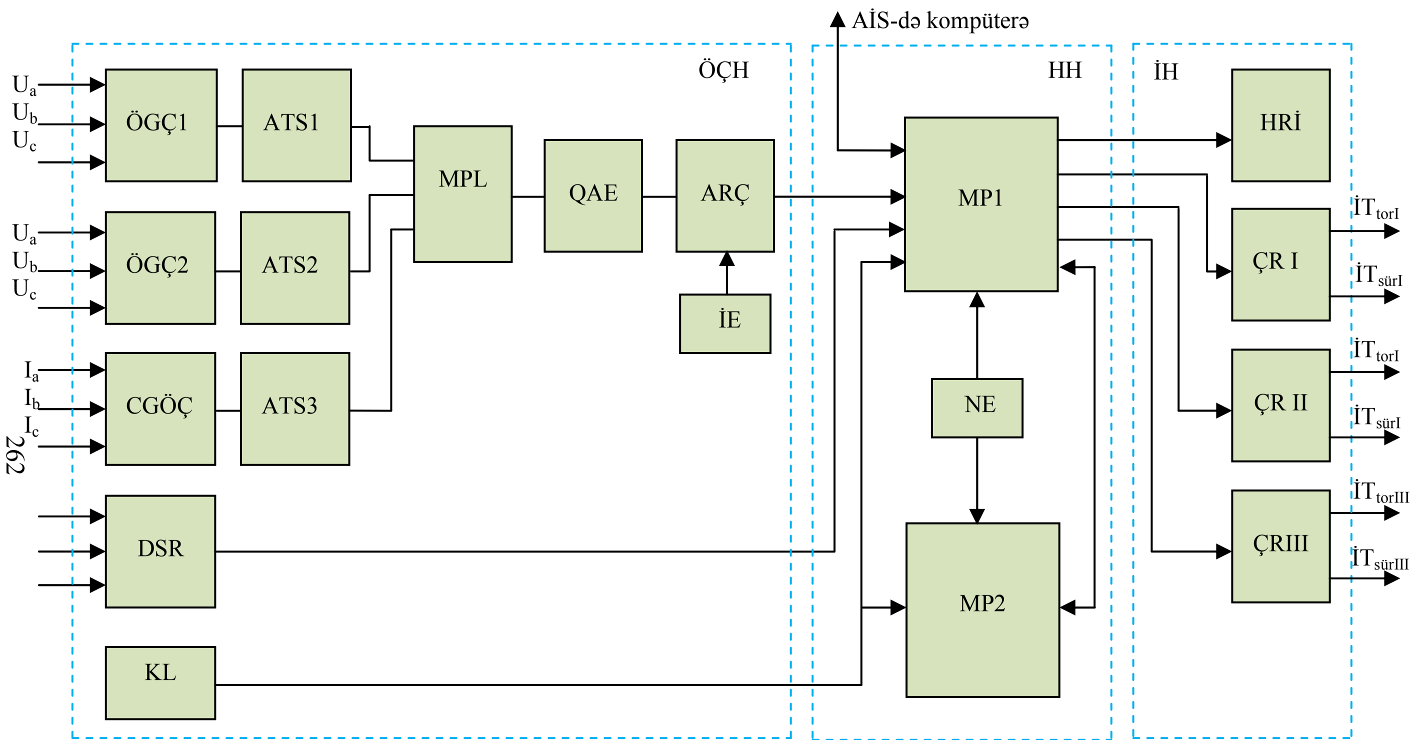
ARAL-ın icra hissəsi (İH) informasiyanı əks etdirən hərf-rəqəm indikatorundan (HRİ) və elektrik stansiyasının sinxron generatorlarına göndərilən əks-qəza idarəedici təsirləri tormozlayan ($İT_{tor}$) və sürətləndirən ($İT_{sür}$) icraedici (çıxış) elektromaqnit relelərindən (ÇRI - ÇRIII) idarətdir.

İcra relelərinin işləmə etibarlılığının təmin edilməsi, yəni xüsusi təhlükəliliyi səbəbindən lüzumsuz idarəedici təsirlərin olmasına yolverilməmək məqsədilə xüsusi aparat və proqram vasitələrindən istifadə olunur.

ARAL pillələrinin etibarlı işləməsi, başqa sözlə, əks-qəza idarəedici təsirlərin hasil olunması aşağıdakılar vasitəsilə təmin edilir:

- nasazlıq haqqında informasiyanın verilməsi ilə bütün funksional elementlərin və MP1 mikroprosessorunun sazlığına avtomatik nəzarət (NE nəzarət elementi);
- proqramın düzgün işləməməsi nəticəsində imtinaların baş verməsini istisna edən müxtəlif "proqram tələsi" vasitəsilə proqramın düzgün yerinə yetirilmə ardıcıllığına nəzarət;
- MP2 servis mikroprosessoru vasitəsilə test siqnallarının generasiyası.

Mikroprosessorlu ARAL EES-in avtomatik idarə olunması məqsədilə son zamanlar yaradılmış ən mükəmməl rəqəmsal qurğudur.



Şək. 8.15. Mikroprosessorlu ARAL-ın funksional sxemi

Yoxlama sualları

1. Əks-qəza avtomatikasının strukturu əsasında onun təyinatı və növlərini izah edin.
2. Generatorların paralel işinin statik və dinamik dayanıqlığı dedikdə nə başa düşülür? Hansı səbəblər dayanıqlığı pozur?
3. Enerjisistemdə statik və dinamik dayanıqlığın yüksəldilməsi vasitələri hansılardır?
4. Təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi generatorların paralel işinin dayanıqlığına necə təsir edir?
5. Nə üçün qısaqapanma müddətinin azalması generatorların paralel işinin dayanıqlığını artırır?
6. Elektrik stansiya generatorlarının bir hissəsinin açılması onların paralel işinin dayanıqlığını necə artırır?
7. DPLA kompleksinin tərkibinə hansı qurğular daxil edilir?
8. DPLA-nın tərkibinə hansı növ yükaçma avtomatikaları daxil edilə bilər?
9. Əks-qəza avtomatikasının mərkəzləşdirilmiş sisteminin əsas qurğularını xarakterizə edin.
10. TAD qurğusunda analoq-rele çeviricisinin təyinatı və onun yerinə yetirlmə prinsiplərini izah edin.
11. ƏQA-nın idarəedici təsirlərinin dozalaşdırılmasını izah edin.
12. VÇTO-M tipli tipli yüksəktezlikli teleaçma aparatının əsas xüsusiyyətləri nədən ibarətdir?
13. ANKA qəza siqnallarının televerilişi qurğusu necə işləyir?
14. AVPA qəza siqnallarının televerilişi qurğusu necə işləyir?
15. Gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikasının təyinatı və işləməsini izah edin.
16. Gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikasının təyinatı və işləməsini izah edin.
17. Tezliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikasının təyinatı və işləməsini izah edin.
18. Tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikasının təyinatı və işləməsini izah edin.

19. Avadanlığın ifrat yüklənməsinin ləğvi avtomatikası nə məqsədlə tətbiq olunur?
20. EES-in hansı rejim parametrləri asınxron rejimin başlanmasını müəyyən edir?
21. Asinxron rejim yarandıqdan sonra xəttin sonlarındakı gərginlik vektorları arasındakı faza sürüşmə bucağı necə dəyişir?
22. Asinxron rejimdə sürüşmənin dəyişmə xüsusiyyəti necədir?
23. Asinxron rejimdə EVX üzrə axan aktiv güc necə dəyişir?
24. ARAL qurğusunun pillələri arasındakı funksional fərq nədən ibarətdir?
25. ARAL-in birinci pilləsi necə işləyir və hansı idarəedici təsir formalaşdırır?
26. ARAL-in ikinci pilləsi necə işləyir və hansı idarəedici təsir formalaşdırır?
27. Bölücü ƏQA nə üçün lazımdır və onun təsirindən sonra elektrik verilişinin normal iş rejimi necə bərpa olunur?
28. Mkroprosessorlu ARAL-ın işləmə alqoritmini izah edin.
29. Mkroprosessorlu ARAL-ın hesablayıcı hissəsinin cəld təsirliyinə nə ilə nail olunur?
30. Mikroprosessorlu ARAL necə işləyir?

FƏSİL 9. ENERGETİKADA AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİ

9.1. Energetikada avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin yaradılma metodologiyası

Ümumi anlayışlar. “Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi” anlayışına tərif vermək üçün istifadə olunan hər bir terminin ayrı-ayrılıqda mahiyyətini aydınlaşdıraq. Sistem anlayışının çoxsaylı tərifləri mövcuddur. Bu səbəbdən sistemin o anlayışlarından istifadə olunacaqdır ki, onlar element, rabitə, qarşılıqlı təsir və qarşılıqlı əlaqə kimi istənilən elementin tərkib hissəsi olan anlayışları əhatə etsin. Sistem yunan dilində – “hissələrdən ibarət birləşmə” deməkdir. Sistem dedikdə bütöv bir tam kimi fəaliyyət göstərən qarşılıqlı əlaqəli və qarşılıqlı təsirli elementlərin və ya hissələrin toplusu başa düşülür. Başqa sözlə, sistem müəyyən dərəcədə təşkil olunmuş çoxluqdur. Bu tərif daha çox texniki sistemlər üçün qəbul olunur.

Avtomatlaşdırılmış sistem – informasiyaların əldə olunması, ötürülməsi və emalı, həmçinin idarəetmə üçün müxtəlif avtomatik qurğuların istifadə olunduğu, lakin bununla yanaşı müəyyən idarəetmə funksiyalarını insanın yerinə yetirdiyi sistemdir. “Avtomatlaşdırılmış” sözü həmişə insanın mütləq iştirakını nəzərdə tutur. Belə sistemi insan – maşın sistemi də adlandırırlar.

Obyekt və ya prosesləri xarakterizə edən parametrlərin keyfiyyət və kəmiyyətcə dəyişmələrini, həmçinin qarşıya qoyulan müəyyən məqsədə nail olunmasını təmin edən şüurlu təsir idarəetmə adlanır.

Beləliklə, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi (AİS) – insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində idarəetmənin optimallaşdırılması üçün zəruri olan informasiyaların toplanmasını, ötürülməsini və emalını təmin edən insan – maşın sistemidir. Optimallaşdırma prosesi isə elə idarəetmə variantının seçilməsini nəzərdə tutur ki, idarəetmənin keyfiyyətini xarakterizə edən hər hansı me-

yarın (kriteriyanın) minimum və ya maksimum qiyməti təmin olunur.

Analoji olaraq, elektrik stansiyasının (ESt AİS) və enerji sistemin (EES AİS) avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi termini altında ESt və ya EES-nin iş rejimlərinin və inkişafının optimallaşdırılması üçün zəruri olan informasiyaların toplanmasını, ötürülməsini və emalını təmin edən insan – maşın sistemi başa düşülür. Bununla yanaşı, nəzərə alınmalıdır ki, ESt AİS həm müstəqil, həm də enerjisistemin AİS-i tərkibində işləməlidir.

AİS-in təsnifatı. İdarəetmənin növünə görə AİS iki sinfə bölünür: təşkilati-təsərrüfat (inzibati) və texnoloji idarəetmə. Təşkilati-təsərrüfat idarəetmə dedikdə insanlar da daxil olmaqla sistem rəhbərliyi məsələlərinin həlli, texnoloji idarəetmə dedikdə isə, aqreqatların, dəzgahların və mexanizmlərin idarəetməsi nəzərdə tutulur. Bu iki sistem arasındakı əsas fərq idarəetmə obyektinin özü, başqa sözlə, xarakteri ilə müəyyən olunur. Birinci halda bu, insan kollektivləri, ikinci halda isə müxtəlif maşınlar, aparatlar və texnoloji proseslərdir. Digər fərq informasiyanın ötürülmə formasındadır. Birinci halda bu, sənəd, ikinci halda isə müxtəlif siqnallardır.

Müasir idarəetmə sistemləri eyni zamanda inzibati və texnoloji idarəetmə elementlərini özündə cəmləşdirməklə iki sistem arasındakı fərqlər silinməkdədir. Texnoloji və təşkilati idarəetmə elementlərini birləşdirən AİS çox vaxt inteqrə olunmuş sistem adlanır (ESt AİS və EES AİS inteqrə olunmuş sistemlərdir).

İnformasiyanın daxil edilməsi və çıxışının avtomatlaşdırılması dərəcəsinə görə aşağıdakılar fərqləndirilir: informasiyanın əl ilə daxil edilməsi və tövsiyələrin işlənməsi (əl ilə idarəetmə); informasiyanın avtomatik daxil edilməsi və tövsiyə-təkliflərin verilməsi; informasiyanın avtomatik daxil edilməsi və obyektdə idarəedici təsirin avtomatik verilməsi və ya birbaşa rəqəmsal idarəetmə. Birinci iki hal maşın-məsləhətçi mərhələsi, üçüncü hal isə texnoloji proseslərin AİS-i (TP AİS) üçün daha xarakterikdir. İkinci və üçüncü hallar üçün hesablama vasitəsini (kompüteri) obyektlə əlaqələndirən qurğunun olması tələb olunur.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərini şərti olaraq axtarıcı, məsləhətverici və idarəedici sistemlərə bölmək olar. Axtarıcı sistem dedikdə, adətən bəzi sinif obyektlər haqqında məlumatların axtarış sistemi başa düşülür. Axtarış, verilmiş tapşırıq əsasında obyektin xassələrinin şifrələnmiş (kodlaşdırılmış) şəkildə təsvir olunması ilə (yazılması ilə) həyata keçirilir. Belə sistemlər kitabxana axtarışları, maşınların konstruktiv yazılışı, verilmiş tələb və ya kod üzrə patentlərin siyahısı və s. zamanı tətbiq olunurlar. EES AİS şəraitində belə sistemin funksiyası dispetçerin (növbətçi mühəndisin) suallarına cavabların verilməsinə gətirir. O, əvvəlcədən müəyyən siyahıda nəzərdə tutulmuş sualları verə bilər və hər bir sual nömrələnir və ona müəyyən ad verilir. Sorğu aldıqdan sonra AİS onu çap edir və ya ekrana çıxarır, sorğu üçün zəruri olan məlumatın daxil edilməsini və konkret adının göstərilməsini xahiş edir. Daxil edilən məlumat yoxlanılır və aşkar səhvlər olduqda AİS lazımi dəqiqləşdirmələrin aparılmasını xahiş edir. İnformasiya qəbul edildikdən sonra AİS zəruri məlumatları təqdim edir.

Məsləhətverici sistem EES AİS şəraitlərində əməliyyat idarəetməsi zamanı istifadə olunur. Bu əməliyyat informasiya rəhbəri tərəfindən təqdim olunur. Nəticədə isə plana düzəlişlərin daxil edilməsinə, böyük meyletmələr zamanı isə yeni əməliyyat planının işlənməsinə imkan yaranır. Məsləhətverici sistem hər bir zaman intervalında (hətta böyük) istehsal prosesinin yerinə yetirilməsinin sürətləndirilməsi və ya təkmilləşdirilməsinin mümkünlüyünü müəyyən edir və bu haqda EES operatoruna xəbər verir. Əgər operator ona verilmiş tövsiyəni reallaşdırmağı lazım bilmirsə, AİS tövsiyənin yerinə yetirilməməsi səbəbindən enerji resurslarının itkisi haqqında verilənlərin toplanmasına başlamalı və itkinin əmələgəlmə səbəblərini göstərməklə növbənin sonunda bu verilənləri çap etməlidir. Proses ciddi olaraq plan üzrə gedirsə, lakin rejimin yaxşılaşmasına imkan yoxdursa, məsləhətverici sistem heç bir informasiya verməməlidir (avtomatik olaraq AİS-də toplanan statistik qeydiyyat və arxiv sənədləşdirmələri üçün vacib olan informasiyalardan başqa).

İdarəedici sistem də AİS şəraitlərində məsləhətverici sistemin baxdığı məsələləri həll edir, lakin təklif və tövsiyələrin müəyyən hissəsi idarəedici siqnallar şəklində bilavasitə müəyyən texnoloji obyektlərin idarə olunması üçün verilir (aqreqatların işə salınması və dayandırılması, tezliyin və güc axınlarının tənzim olunması və s.).

AİS-in metodologiyası, yaradılması və işinin əsasları. AİS-in metodologiyasının vacib prinsipləri arasında iqtisadi məqsədəuyğunluq prinsipini qeyd edək. AİS-in ilk növbədə böyük enerjisistemlərdə yaradılması məqsədəuyğundur. Çünki burada onların fəaliyyəti daha çox effektli olur. Qeyd edək ki, AİS-in optimallaşdırma xarakterli məsələlərin həllində (məsələn, enerjisistemin optimal sutkalıq və ya aylıq iş planlarının tərtib edilməsi) səmərəliliyi daha yüksəkdir.

AİS-in tipikləşdirilməsi (unifikasiyası) standart həllərin maksimal istifadə olunmasına imkan verir. Standart məsələlərdən bəzilərini seçməklə ESt və ya EES AİS-in ayrı-ayrı altsistemlərini işləmək olar. Digər tərəfdən AİS-in texniki vasitələrinin kompleks tərkibi standartlaşdırılması tələb olunan xərcləri azaldır, AİS-in yaradılması prosesini asanlaşdırır və sürətləndirir.

Sistem yanaşması prinsipi EES AİS-in yaradılmasının kompleks təşkilati, metodoloji və texniki tədbirlərin yerinə yetirilməsindən sonra həyata keçirilməsini tələb edir.

Mövcud energetik avadanlıqlar adətən kibernetik sistemlər üçün az yararlı olurlar və qeyri-təkmil idarəetmə sistemlərinə malikdirlər. Ona görə də, AİS-in tətbiq olması ilə eyni zamanda avadanlıqları və onların idarəetmə sistemlərini də təkmilləşdirmək lazım gəlir. Lakin son dövrlərdə elektrik stansiya və şəbəkələrində tətbiq olunan müasir yeni tipli texnologiyalar (məsələn, "Azərenerji" ASC-nin generasiya və ötürücü sistemlərində) bu problemi aradan qaldırır. Bütün sadalanan və bəzi digər məsələlərin kompleks həlli sistem yanaşmasının mahiyyətini təşkil edir.

ESt AİS-in yaradılması zamanı analiz və sintez. ESt AİS artıq qurulmuş və istismara buraxılmış ESt-də və ya eyni zamanda ESt-in layihələndirilməsi, qurulması ilə birlikdə layihələndirilə

və yaradıla bilər. Birinci halda ESt elementlərinin və iş rejimlərinin əsas parametrləri artıq təyin olunmuşdur və AİS mövcud idarəetmə sistemində üstqurum təşkil edir. İkinci halda isə, AİS – avtomatlaşdırılmış sistem obyekt kompleksinin yaradılması zamanı EES parametrlərinə, onun avadanlıqlarına, yerli idarəetmə quruluşuna, idarəetmənin strukturuna və EES işinin etibarlılığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər. Birinci halı analiz, ikinci halı isə sintez adlandırırlar. Sintez daha effektli olsa da, AİS-in cəld işləməsinə və etibarlılığına sərt tələblər formalaşdırır. Dərslikdə analiz sxemi üzrə yaradılan AİS-ə daha çox yer ayrılmışdır. Bu, AİS – obyekt birlikdə layihələndirilmə üsullarının nisbətən zəif işlənməsi ilə əlaqədardır.

AİS-in böyüdülmüş təsviri. Müxtəlif sinif AİS-ləri altı müxtəlif funksional altsistem və ya təminat kimi təsəvvür etmək olar. Bunlar AİS-in texniki təminatı və ya kompleks texniki vasitələrindən (AİS KTV), özündə AİS üçün alqoritm və proqramları cəmləşdirən proqram və riyazi təminatdan, informasiya təminatından (informasiyanın toplanması, saxlanması və işlənməsi qaydaları və sistemi), təşkilati-metodik təminatdan, kadr və hüquqi təminatlardan ibarətdir.

Birinci üç növ təminata kifayət qədər geniş baxılacaq. Hüquqi təminat AİS xidmətçi heyətinin işini reqlamentləşdirən qanunverici akt və təlimatlar sistemindən ibarətdir. Bu isə maşın sənədlərinin rəsmiləşdirilməsi, məlumatların saxlanılmasına və kompüter tövsiyələrinin yerinə yetirilməsinə görə məsuliyyət, AİS şəraitlərində mühasibat təftişlərinin aparılması, bəzi məlumatlara daxil olma, məxfiliyin təmin olunması və s. hüquqi məqamlarını və qaydalarını müəyyən edir.

Metodik təminat müxtəlif tip və səviyyə AİS-lərin uyğunluğunun, onların sonradan vahid sistemə qoşulmasını təmin edən rəhbər və təlimat materialları sistemindən ibarətdir. AİS-in yaradılmasının metodik vahidliyini təmin edən vacib sənədlər Dövlət standartları və “AİS-in yaradılması üzrə ümumsahə rəhbər metodik materialları”dır (ÜRMM). Onlar AİS tətbiq olunan bütün sa-

hələr üçün məcburidir. Bunların əsasında sahə üzrə rəhbər metodik materiallar (RMM) işlənir və təsdiq olunur.

AİS-in kadr təminatı – onun normal işləməsinin təmin olunması üçün lazım olan mütəxəssis kadrlardan ibarətdır.

9.2. AİS-in strukturu

Funksional AİS. AİS-in yaradılmasınadək olan dövrdə idarəetmə funksional prinsip üzrə aparılırdı. Müəssisələrdə (sahələrdə) konkret funksiyaları yerinə yetirən idarəedici bölmələr mövcud idi (şək. 9.1,a). Yaradılan ilkin AİS-lər mövcud idarəetmə strukturunu təkrarlayırdı və bu sistem üzərində üstqurum təşkil edirdi. Funksional AİS adını alan belə AİS-ləri (şək. 9.1,b) müvafiq idarəedici bölmələrin heyətinə öz əsas funksiyalarını yerinə yetirməyə kömək edən bəzi funksional alt sistemlərə bölmək olar.

Hər bir altsistem idarəedici bölmələrin həll etdiyi məsələlərdən ibarətdir. Bu məsələlər üçün informasiyanı müvafiq idarəedici bölmələr hazırlayır (adətən əl ilə) və ona verilmiş altsistemə xidmət edən AİS işçiləri köməklik edir. Belə AİS-lər informasiya yığımının prosedurunu mexanikləşdirirlər, informasiya qıtlığı və hesabatın mürəkkəbliyi səbəbindən əvvəllər həll edilməyən bəzi yeni məsələləri həll edirlər. Qeyd edək ki, obyektlərin idarə olunması zamanı ənənəvi funksional xidmətlər AİS-in işini əvəz edirdi və hesablama texnikasının imtinası hallarında idarəetməni ehtiyatlandırırdı. Sonuncu isə AİS-in tətbiqinin ilk mərhələlərində texniki vasitələrin kifayət dərəcədə etibarlı və təkmil olmaması səbəbindən çox vacib idi.

İnformasiyanın toplanmasının köhnə sistemi yeni, adətən daha mürəkkəb məsələlərin həllinin mümkünlüyünü məhdudlaşdırırdı. Müxtəlif altsistemlərin fərqli metodikalar ilə topladıqları informasiyalar ziddiyyətli və uyğun olmaya bilərdi. Məsələnin

mexanikləşdirilməsinin özü əhəmiyyətli səmərə vermirdi. Funksional xidmət və AİS heyətləri arasındakı vəzifələr dəqiq bölünmürdü. Bütün bunlar yeni AİS-in – inteqrə olunmuş informasiya sistemli AİS-lərin yaradılmasına gətirib çıxardı (şək. 9.1,c).

Əvvəlki kimi obyekti funksional xidmətlər idarə edirlər. AİS-in strukturu az dəyişdirilmişdir. Lakin bu halda AİS-in bütün bölmələri ümumi verilənlər bankından və ya verilənlərin emalının inteqrə olunmuş informasiya sistemindən (İİS) ibarət vahid informasiya mənbəyindən istifadə edirlər. Burada "inteqrə olunmuş" sözü birləşdirilmiş, vahid mənasında işlədilir. Bütün ilkin verilənlərin əlaqələndirilməsi yerinə yetirilmişdir və onlar daha ziddiyyət təşkil etmirlər. İnformasiya əlaqələri kəskin sadələşmiş, informasiyanın alınması isə sürətlənmişdir. İlkin informasiyalar bütün məsələlərin həlli üçün yalnız bir dəfə AİS-ə daxil edilir. Bu gün əksər AİS-lər qeyd edilən belə formada yerinə yetirilir. Lakin bu halda mövcud funksional xidmətlər AİS-in imtinasını tam əvəz edə bilmir, belə ki, onlarda informasiyanın daxil olma kanalları yoxdur. Kompüter imtina etdikdə verilənlər bankı tamamilə işdən çıxır və idarəetmə səmərəliliyi kəskin aşağı düşür. Bu onu bildirir ki, belə AİS-lərin etibarlılığına daha sərt tələblər qoyulmalıdır. Beləliklə, funksional AİS məsələlərin həlli üçün kifayət qədər sayda altsistemlərdən ibarətdir. Hər bir altsistem ümumi inteqrə olunmuş informasiya sistemində birləşdirilən müəyyən sayda məsələləri (vəzifələri) əks etdirir. Altsistemlərin tərkibi və həll etməli olduğu məsələlər AİS-in strukturunu müəyyən edir.

Bu məsələləri müstəqil kompleksdə ayrılmış (məsələn, ilkin verilənlərin, göstəricilərin və yaxud çıxış sənədlərinin formalaşdırılması üçün) alqoritmlər toplusudur. Məsələlər yığımı AİS-in imkanını müəyyən edir. Məsələyə qərarın qəbul edilməsi və ya hər hansı göstəricinin təyini üçün sonuncu modul kimi baxmaq olar.

Məsələlər toplusu AİS-in hər hansı ünsiyyət vasitəsini təyin edir. Bəzən məsələnin əhatə dərəcəsi $\mathbf{Y_m}$ haqqında bəhs edilir:

$$Y_m = \frac{m \cdot n}{M \cdot n_{\max}} \qquad (9.1)$$

Burada, m və M – AİS-in təsir etdiyi müəssisə bölmələrinin sayı və bütünlükdə müəssisəni ifadə edir; n və n_{max} – verilmiş bölmədə və bütünlükdə tətbiq edilən məsələlərin sayıdır. Enerjisistemin AİS-i üçün n_{max}=150÷200 məsələ qəbul etmək olar.

AİS-in strukturu və parametri. Müxtəlif tipli funksional AİS-lərin strukturlarının əlverişli müqayisəsinin aparılması üçün aşağıdakı düsturla onun kodlaşdırılmasını vermək olar:

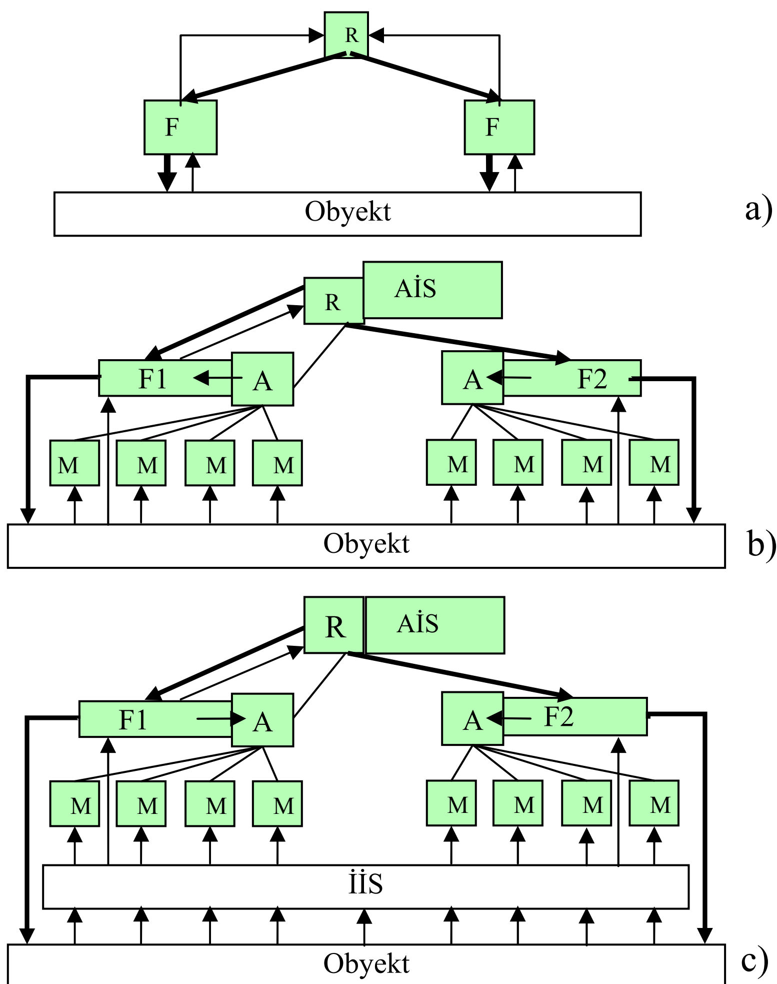
$$\sum_{i=1}^{m} n_i T_i - A(f - j) + \sum_{k=1}^{l} n_k T_k \qquad (9.2)$$

burada, n və T – maşının sayı və tipi; A-AİS-in tipi (tip simvollarla işarə olunur; T-texnoloji proses; İ – inteqrə olunma; f və j – altsistemlərin və məsələlərin sayı.

"+" işarəsi ilə verilmiş AİS-dən bilavasitə idarəolunan maşınların sayı və tipi göstərilir, məsələn:

2 M-7000 – İ(4-17)+M - 6000

Bu yazı texniki vasitələr kompleksi iki M-7000 (yuxarı səviyyə) və bir tabe olan M-6000 kompüterindən ibarət olan ikisəviyyəli inteqrə olunmuş AİS-i bildirir. AİS dörd altsistemdən ibarət olub 17 məsələni həll edir.

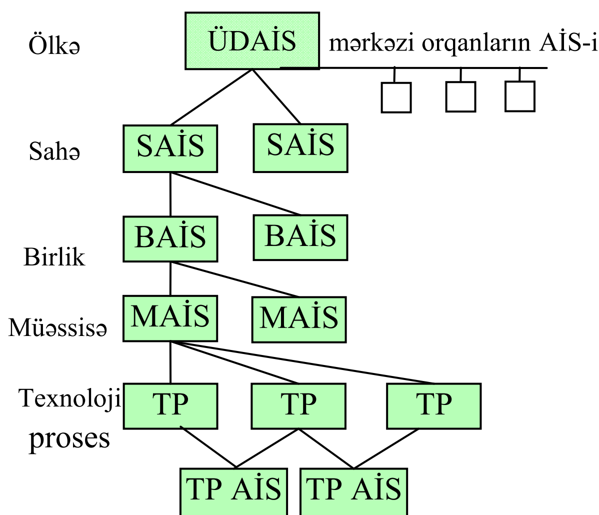


Şək. 9.1. AİS-in strukturuna aid sxemlər

a – funksional idarəetmə; b – inteqrə olunmuş informasiya sistemi olmayan funksional AİS; c – inteqrə olunmuş informasiya sistemli funksional AİS: R – rəhbər; F – funksional bölmə; A – AİS altsistemi; M – AİS altsisteminin vəzifəsi (məsələsi); qalın xətlər idarəedici əlaqəni, nazik xətlər isə informasiya əlaqəsini göstərir.

Təminedici altsistemlər. Yuxarıda sadalanan funksional altsistemlərdən başqa AİS-in tərkibinə bütün funksional altsistemlər üçün ümumi olan altsistemlər də daxil olur. Bu, məsələn, informasiya altsistemi, ümumsistem riyazi təminat altsistemi və s.- dən ibarətdir. Belə altsistemlər təminedici adını almışdır.

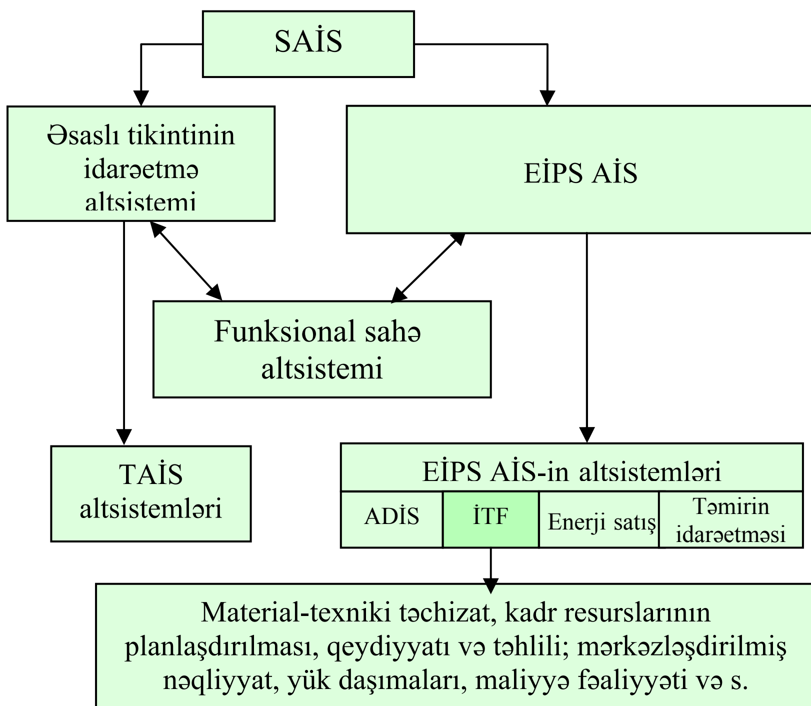
AİS-in ierarxiya səviyyələri. AİS-in əsas növləri. AİS iyerarxiya prinsipi üzrə qurulur. AİS-in sahə və ərazi iyerarxiya səviyyələrini fərqləndirirlər. Sahə iyerarxiyasına baxaq. AİS-in aşağı səviyyəsi texnoloji prosesin AİS-idir (şək. 9.2). Bunu adətən sıfır səviyyə hesab edirlər. Birinci səviyyə müəssisənin AİS-i (MAİS), ikinci-sənaye birliyinin AİS-i (BAİS), üçüncü-sahə AİS-idir (SAİS). Ali, dördüncü idarəetmə səviyyəsi bütünlükdə ölkəni idarə edən ümumdövlət sistemidir (ÜDAİS). Qeyd edək ki, MAİS-BAİS-SAİS strukturu üçbəndli sahə idarəetmə sisteminə uyğundur.



Şək. 9.2. AİS-in iyerarxiya səviyyələri

Enerjisistemin AİS-i (EES AİS) iki ixtisaslaşdırılmış, doqquz funksional və bəzi ümumsahə altsistemlərindən ibarətdir (şək. 9.3). Birinci ixtisaslaşdırılmış altsistem – əsaslı tikinti və sənaye müəssisələrinin idarə olunması altsistemidir və burada ona baxılmır. İkinci altsistem isə elektrik və istilik enerjisinin istehsalı, paylanması və idarə olunmasının altsistemidir (EİPS AİS).
Funksional altsistemlərə aşağıdakılar daxildir:

1) sahənin perspektiv inkişafı;
2) texniki-iqtisadi planlaşdırma;
3) maliyyə fəaliyyətinin idarəetməsi;
4) əməyin və əmək haqqının planlaşdırılması, qeydiyyatı və təhlili;
5) maddi-tekniki təchizatın və komplektləşdirmənin idarəetməsi. Bura materialların, konstruksiyaların, texnoloji avadanlıqların, tikinti materiallarının və yanacağın idarəetməsi daxildir;
6) kadrresurslarının planlaşdırılması, qeydiyyatı və təhlili;
7) elmi-tədqiqat və layihələndirmə işlərinin, elmi-texniki informasiyanın idarəetməsi;
8) mühasibat uçotu;
9) nəqliyyat və mərkəzləşdirilmiş yükdaşımanın idarəetməsi.



Şək. 9.3. Energetikada AİS-in strukturu

SAİS – sahə AİS; EİPR – enerjinin istehsalı, paylanması və satışının AİS; ADİS – avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sistemi; İTF – istehsal-texniki fəaliyyətin altsistemi; TAİS – təmirin AİS.

9.3. EİPS AİS altsistemlərinin strukturu

Enerjinin (istilik və elektrik) istehsalı, paylanması və satışının idarəetmə altsistemi dörd bənddən ibarətdir (şək. 9.3): əməliyyat-dispetçer idarəetməsi (ADİS), istehsal-texniki fəaliyyət (İTF AİS), təmirin idarə olunması (TAİS), enerji satışının idarəetməsi (ESAİS), başqa sözlə

EİPS AİS= ADİS+İTF AİS+TAİS+EAİS

Birinci üç səndə baxaq.

Avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sistemi. Zaman səviyyəsində ADİS altsistemi aşağıdakı məsələləri həll edir:

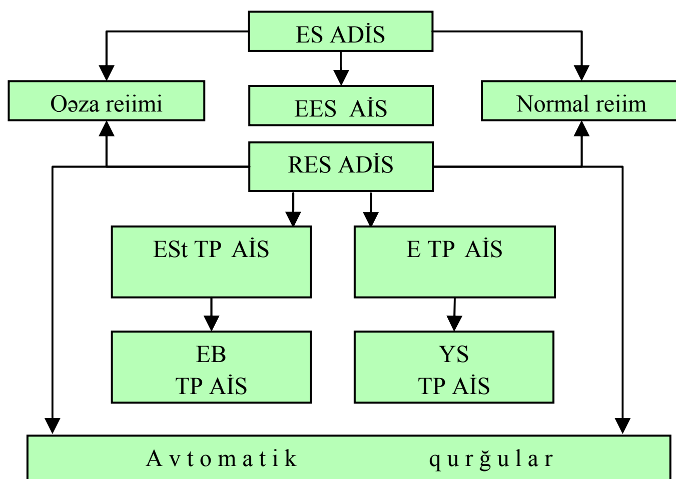
1) Rejimlərin uzunmüddətli planlaşdırılması (ay-rüb-il müddətləri üçün).

2) Rejimlərin qısamüddətli planlaşdırılması (həftə-gün müddəti üçün).

3) Planlaşdırılmış rejimlərin icrası üçün operativ idarəetmənin təşkili (saat-dəqiqə müddəti üçün).

4) Avtomatik idarəetməyə nəzarət (on-line rejimində).

ADİS-in ərazi strukturu şək. 9.4-də göstərilmişdir.



Şək. 9.4. ADİS-in ərazi strukturu

Enerjisistemin idarəedilməsində aşağıdakı rejim məsələlərinə baxılır:

1. Enerjisistemin aktiv və reaktiv yük qrafiklərinin tərtib olunması (rejimlərin uzun və qısamüddətli planlaşdırılması üçün).

2. Avadanlıqların təmiri ilə əlaqədar qərarlaşmış rejimlərin elektrik hesabatı.

3. Aktiv yüklərin mənbələr arasında optimal paylanmasının hesabatı.

4. Aktiv yüklərin paylanmasına görə reaktiv yüklərin mənbələr arasında optimal paylanmasının hesabatı.

5. Gərginliyi yük altında tənzimlənən transformatorların transformasiya əmsallarının optimal qiymətlərinin hesabatı.

6. Elektrik stansiyalarında işləyən aqreqatların səmərəli tərkibinin seçilməsi.

7. Enerjisistemin cari sxem və rejimlərinə görə statik və dinamik dayanıqlığının yoxlanılması (hesabatı).

8. Qısaqapanma cərəyanlarının hesabatı və əks-qəza avtomatika qurğularının seçilməsi və s.

ADİS-in yaradılması mürəkkəb və çoxmərhələli prosesdir. Lakin bu sahədə hazırda kifayət dərəcədə istismar təcrübəsi toplanılmışdır. Cari planlaşdırma (uzunmüddətli) zamanı su elektrik stansiyası (SES) kaskadlarının uzunmüddətli rejimlərinin əsaslı təmir planlarının, istilik təchizatı planlarının, enerji hasilatı və şərti yanacaq (neft ekvivalenti) sərfi planlarının, onların yerinə yetirilməsinin, təhlilinin işlənməsi və düzəlişlərin verilməsi və s. aparılır. Qısamüddətli planlaşdırma zamanı sutkalıq və həftəlik aktiv yük qrafikləri, yüklərin optimal paylanması, cari təmirlərə sifarişlərin verilməsi işləri yerinə yetirilir. Operativ-əməliyyat idarəetməsi üçün sutkalıq rejimin operativ düzəlişləri üzrə hesabatlar aparılır, təmir üçün qəza sifarişlərinə icazə verilir. Düzəlişlər zamanı elektrik şəbəkə rejimlərinin onlar üçün buraxılabilən oblastlarda olması yoxlanılır.

EİPŞ AİS-in qısa olaraq digər bəndlərinin həll etdiyi məsələlərə baxaq.

İstehsal-texniki fəaliyyətin idarəetmə altsistemi (İTF AİS). İTF AİS bəndi perspektiv və cari planlaşdırmanın normallaşdırılması, statistik qeydiyyat və təhlilin aparılması üçün istifadə olunur. İTF bəndi istehsalatın əsas texniki-iqtisadi göstəricilərini (TİG) idarə etməlidir. Bəndə aşağıdakı funksional altsistemlərlə birlikdə baxılmalıdır: material-texniki təchizat, kadrların planlaşdırılması, qeydiyyatı və təhlili; mərkəzləşdirilmiş nəqliyyat yük daşımaları, maliyyə fəaliyyəti və s.

İTF bəndi ADİS ilə əlaqədardır. O, əməliyyat verilənləri üzrə TİG-in operativ təhlilini həyata keçirir, cari planlaşdırmada iştirak edir, plana təsir edən istehsalat-təsərrüfat faktorlarının statistikasını nəzərə alır. Bənd perspektiv inkişaf altsistemi ilə əlaqədardır və ona keçmiş dövrlərdəki retrospektiv məlumatları ötürür. İTF bəndi aşağıdakıları texniki – iqtisadi parametrlərin idarə olunmasını həyata keçirir:

1) elektrik stansiyaları, ayrı-ayrı bəndlər tərəfindən hasil edilən, buraxılan elektrik və istilik enerjilərini;
2) elektrik və istilik enerjisi hasilatı üçün şərti yanacaq sərfiyyatını;
3) qoyuluş güclərindən istifadə göstəricilərini;
4) şəbəkədəki itkiləri, xüsusi sərfiyyata elektrik və istilik enerji məsrəflərini;
5) sistemlərarası enerji mübadiləsini, elektrik enerji eksportu və importunu;
6) şərti yanacağın maya dəyərini, orta tarifini və dəyərini;
7) enerjisistemin gəlirini.

Bu funksiyaların yerinə yetirilməsi üçün enerjisistemin əsas TİG-nin operativ, aylıq, rüblük və illik nəzarəti, uçotu, operativ idarəetmə qərarlarının verilməsi üçün statistik qeydiyyatı və təhlilinin avtomatlaşdırılması vacib məsələlər kimi qarşıya çıxır. Bu-

nunla yanaşı, həmçinin aşağıdakı məsələlərin də avtomatlaşdırılması tələb olunur:

1) istilik və su elektrik stansiyalarının fəaliyyəti haqqında statistik hesabatların tərtibi və təhlili;
2) enerjisistemin operativ aylıq TİG-nin toplanması və təhlili;
3) Texniki-iqtisadi göstəricilər üzrə hesabatların aparılması (aylıq, rüblük, illik);
4) enerjisistem üzrə əsas maya dəyəri göstəricilərinin dinamikasının qeydiyyatı;
5) rüblük (aylıq) enerji buraxılışının qeydiyyatı;
6) operativ-statistik hesabatın hazırlanması.

İş təcrübəsi göstərir ki, TİG-in idarəetməsi bölmələrdə informasiya bazalarının yaradılmasını tələb edir. Bunun üçün bölmə sənədlərinin vahid şəklə salınması, İTF bəndinin ADİS və digər altsistemlərlə sıx əlaqəsi təşkil olunmalıdır.

Enerji avadanıqlarının təmirinin idarəetmə altsistemi. Təmir müddətinin və onun dəyərinin azaldılması, təmir işlərinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi məsələləri AİS-in tətbiqinə və təmirin idarəetmə bəndinin yaradılmasına zəmin yaratmışdır.

Təmirin idarəetmə altsisteminin (TAİS) əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Orta və əsaslı təmir planlarının yerinə yetirilməsinə operativ nəzarət.
2. Seriya ilə buraxılan avadanlıqların vacib ehtiyat hissələrinin olması haqqında məlumat – sorğu sistemi.
3. Ehtiyat hissələrinin mərkəzləşdirilmiş fondunun yeniləşdirilməsi, istifadəsi və bərpasına operativ nəzarət.
4. Ehtiyat hissələrinin mərkəzləşdirilmiş fondunun optimal normasının hesabı.
5. Elektrik stansiya və şəbəkələrinin etibarlılığı haqqında məlumatların toplanması və emalı sistemi.
6. EVX-nin əsaslı təmirlərinin planlaşdırılması.

7. EVX-nin istismarı və təmiri üzrə işlərin müddətinin və həcminin optimallaşdırılması.
8. Şəbəkə transformatorlarının istismarı və təmirinin optimallaşdırılması.
9. Yarımstansiyanın kommutasiya və izolyasiya avadanlıqlarının istismarı və təmirinin optimallaşdırılması.
10. Elektrik stansiya və yarımstansiyalarının əsas avadanlıqlarının təmiri üzrə ixtisaslaşdırılmış səyyar briqadaların saylarının və yerləşmə yerlərinin hesabı.
11. Paylayıcı şəbəkələrin operativ xidmətinin təşkili.
12. Təmir işlərinin aparılması üçün əmək və material xərclərinin planlaşdırılması.

9.4. AİS-in texniki vəsaitlər kompleksi

AİS-in əvvəlki bölmələrdə qeyd olunan məsələləri mürəkkəb məsələlərdir və onların hesabatı üçün riyazi modellərdən və hesablama texnikası vasitələrindən (kompüter) istifadə etməklə həyata keçirilir. Bununla əlaqədar olaraq, AİS və onun altsistemlərinin riyazi və texniki təminat sistemləri işlənməlidir.

AİS-in texniki vəsaitlər kompleksinə (TVK) kompüter, informasiyanı kompüterə daxil edən, hesabat və təhlil nəticələrini çıxaran qurğular, informasiyanı ötürən və əks etdirən qurğular və s. daxildir. İcra funksiyalarına görə TVK-ni iki qrupa bölmək olar. Operativ – dispetçer idarəçiliyində işlədilən birinci qrup qurğulara operativ-informasiya kompleksi (OİK) deyilir. OİK-də informasiyanın toplanması, işlənməsi və operativ texnoloji idarəetmə məsələləri həll olunur.

İkinci qrup qurğulara hesablama kompleksi (HK) deyilir. HK əsas etibarilə planlaşdırma və optimallaşdırma məsələlərinin həlli üçün lazım olur. Burada həm perspektiv dispetçer məsələləri, həm də təsərrüfat məsələləri həll olunur. Yəni:

$$TVK=OİK+HK$$

Enerjisistemdə TVK-nın təminatı şək. 9.5-də göstərilmişdir. Burada K1, K2 OİK-da, K3, K4 isə HK-da işləyir.

Son vaxtlar bütün sahələrdə olduğu kimi, energetikada da fərdi kompüterlərin istifadə şəbəkəsi olduqca genişlənmişdir. Onlar həm müstəqil (fərdi) hesablamalar üçün, həm də AİS-də istifadə olunur.

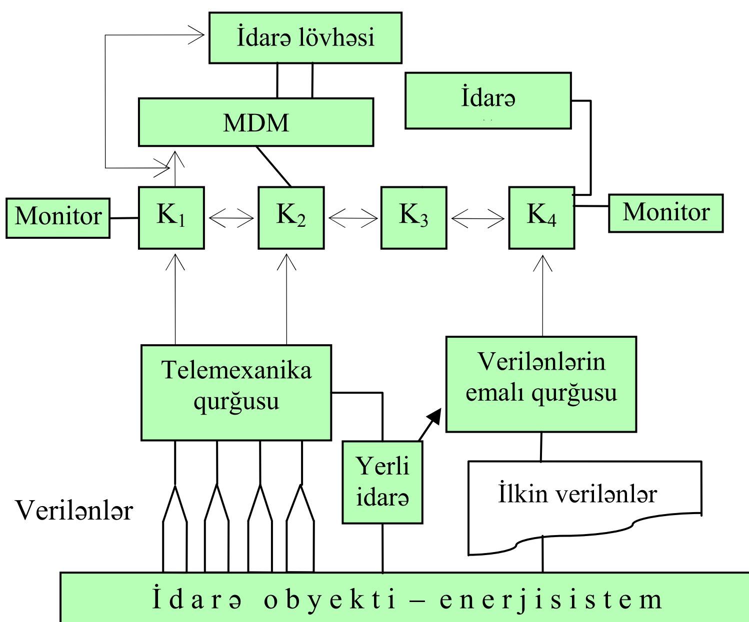
Texnoloji prosesin idarə olunmasında kompüterin yaddaşında tələb olunan məlumatlar toplanır, idarə zamanı ölçü və ya teleölçü vasitəsilə yeni dəyişən məlumatlar daxil edilir, müəyyən proqramlar vasitəsilə tələb olunan hesabatlar aparılır və onların nəticələrinə görə idarəetmənin icrası təmin olunur. Burada kompüterdən iki formada – məsləhətçi kimi və ya bilavasitə avtomatik idarə edən vasitə kimi istifadə etmək olar.

AİS-in vəzifələrini və məqsədini texniki təminat vasitəsilə icra etmək üçün riyazi və proqram təminatı yaradılır. Kompüterin riyazi təminatının strukturu şək. 9.6-da göstərilmişdir və üç hissədən ibarətdir:

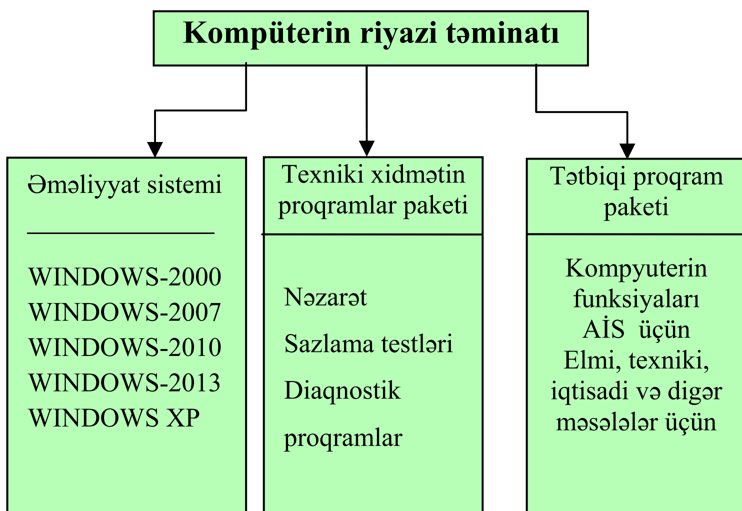
1) əməliyyat sistemi;
2) kompüterin texniki xidmətləri proqram paketi (sazlayıcı və diaqnostik testlər);
3) tətbiqi proqramlar paketi.

Əməliyyat sistemi kompüterdə işlərin yerinə yetirilməsini, komandaların icra olunmasını, proqramların bir-birilə uzlaşmasını və problemsiz çalışa bilməsini, istifadə edəcəkləri yaddaş sahəsinin və resursların paylanmasını tənzimləyən, başqa sözlə, bir kompüterin təməl işlərinin yerinə yetirilməsini təmin edən proqram kompleksidir.

Əməliyyat sistemi idarəedici və işlədici proqramlardan ibarətdir. İdarəedici proqram işlədici proqrama rəhbərlik edir. Əməliyyat sisteminin proqramları dörd cür olur: tapşırıqların idarəetməsi; verilənlərin idarəetməsi; məsələlərin idarəetməsi; işlədici proqramlar.



Şək. 9.5. Enerjisistem AİS-in texniki vasitələr kompleksi: K - kompyüter



Şək. 9.6. Kompüterin riyazi təminatının tərkibi

Riyazi təminat ümumsistem və xüsusi proqramlar təminatına ayrılır. Ümumsistem proqram təminatı (ÜPT) kompüterlə birlikdə istifadəçilərə təqdim edilir. Buraya əməliyyat sistemi və onun imkanlarını genişləndirən universal proqramlar daxildir. Xüsusi proqram təminatı (XPT) konkret məsələlərin həllini təmin edir. Ümumiyyətlə isə proqram təminatı (PT) üçün aşağıdakını yaza bilərik:

$$PT=ÜPT+XPT$$

Qeyd etmək lazımdır ki, XPT tərtib etmək üçün əvvəlcə texnoloji prosesin riyazi modelini qurmaq lazımdır. Yalnız bundan sonra alqoritmlər və proqramlar işlənilir.

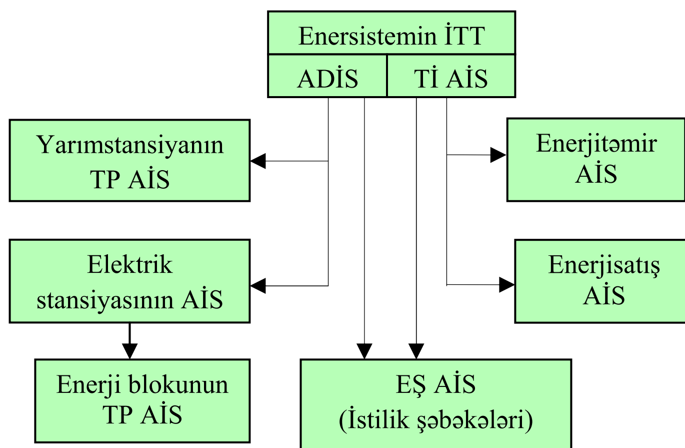
Yoxlama sualları

1. Energetikada AİS-in yaradılma metodologiyasını izah edin.
2. AİS-in strukturu necədir?
3. AİS-in iyerarxiya səviyyələrini izah edin.
4. AİS-in struktur altsistemlərini izah edin.
5. AİS-in texniki vasitələr kompleksinə hansı avadanlıqlar daxildir?
6. AİS-in proqram təminatlarının xüsusiyyətlərini izah edin.
7. Enerjisistemin AİS-nin strukturu necədir?
8. Kompüterin riyazi təminatının tərkibini izah edin.

FƏSİL 10. ENERJİSİSTEMİN, ELEKTRİK STANSİYASI VƏ ŞƏBƏKƏLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİ

10.1. EES AİS-in təşkili

Enerjisistemin avtomatlaşdırılmış idarəetməsi sistemi mürəkkəb çoxsəviyyəli təşkilati-texnoloji sistemdən ibarətdir. Onun tərkibinə elektrik stansiyalarının (ESt), elektrik şəbəkələrinin (EŞ), istilik şəbəkələrinin (İŞ) AİS-ləri, böyük blokların TP AİS-ləri, yarımstansiyaların TP AİS-ləri daxil olur. EES AİS texnoloji və təşkilati idarəetmə məsələlərini həll edir və inteqrə olunmuş təşkilati-texnoloji AİS-dən ibarətdir (İTT AİS). Enerjisistem AİS-in sadələşdirilmiş strukturu şək 10.1-də göstərilmişdir. AİS iki əsas hissəyə ayrılır: avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sistemi (ADİS) və təşkilati-iqtisadi idarəetmə AİS (Tİ AİS). Tİ AİS-in tərkibinə bizə artıq məlum olan Enerjitəmir AİS-i və Enerjisatış AİS-i daxildir.



Şək. 10.1. Enerjisistemin inteqrə olunmuş təşkilati-texnoloji AİS-in strukturu

EES AİS-in altsistemləri kifayət qədər müxtəlifdir. Müxtəlif EES-də altsistemlərin sayı, onların adlandırılması və həll olunan məsələlər olduqca fərqlidirlər. Aşağıda bütün AİS-lər üçün daha ümumi və vacib olan AİS altsistemləri verilmişdir:

1. Avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sistemi.
2. Elektrik və istilik enerjisatışı altsistemi.
3. Enerjitəmiri altsistemi.
4. İstehsal-texniki fəaliyyətin idarə altsistemi.
5. Texniki-iqtisadi planlaşdırma altsistemi.
6. Perspektiv inkişaf altsistemi (perspektiv planlaşdırma).
7. Maddi-texniki təchizatın idarəetmə altsistemi.
8. Yanacaq təchizatı altsistemi.
9. Nəqliyyat və daşınmaların idarəetmə altsistemi.
10. Əmək və insan resursları altsistemi.
11. Mühasibat uçotu altsistemi.
12. Maliyə idarəetmə altsistemi.
13. Keyfiyyətin idarəedilməsi altsistemi.

Enerjisistem əsaslı tikinti üzrə sifarişçi olsa da, adətən EES AİS-in tərkibinə tikintinin idarəetmə altsistemi daxil edilmir. Bu isə, enerjisistem tərəfindən informasiyanın toplanması və əsaslı tikintinin gedişatının idarə olunmasını çətinləşdirir. Bəzi EES-lər oxşar altsistem yaratmağa başlamışlar.

ADİS-in vəzifələri. Operativ - dispetçer idarəetməsi texnoloji idarəetməyə aiddir. ADİS-in vəzifələri kifayət qədər müxtəlifdir və dörd zaman səviyyəsini əhatə edir: uzunmüddətli (cari) planlaşdırma, qısamüddətli planlaşdırma, operativ idarəetmə, avtomatik idarəetmə.

Uzunmüddətli (cari) planlaşdırma – ay, rüb, il müddətlərini əhatə edir –ESt-in uzunmüddətli rejimlərinin optimallaşdırılması, əsaslı və orta optimal təmir planlarının işlənməsi və ona təshihlərin edilməsi məsələlərindən ibarətdir. Bura həm də enerjisistemin perspektiv inkişafının optimallaşdırılması məsələsi də daxildir. Planlaşdırmaya çoxsaylı hesabat məsələləri daxil edilir: EES-in paralel işinin dayanıqlığı; qısaqapanma cərəyanlarının hesabı; rele mühafizəsi və avtomatika qurğularının sazlanma parametrlərinin

hesabı; avadanlıqların rejimi və istismarı üzrə təlimatların işlənməsi və s.

Qısamüddətli planlaşdırma zamanı hər sonrakı sutkaya (həftəyə) rejimin hazırlanması məsələsi həll edilir. EES, ESt və qovşaqların (düyünlərin) yük qrafikləri hesablanır, əsas avadanlıqların, idarə və avtomatika vasitələrinin təmirə çıxarılması üçün operativ - əməliyyat sifarişlərinə baxılır, normal və mümkün qəza rejimlərinin hesabatı aparılır.

Operativ idarəetmə məsələləri cari gün ərzində həll edilməlidir. Bu məsələ planlaşdırılmış rejimlərin yerinə yetirilməsi və real iş şəraiti planda nəzərdə tutulduğundan fərqləndikdə onlara optimal düzəlişlərin edilməsini, qəza rejimlərinin ləğv edilməsi və qəzadan sonrakı rejimlərdə normal elektrik təchizatının bərpa edilməsini, zədələnmə yerinin axtarışını, təmir və bərpa işlərinin təşkilini təmin etməlidir.

Avtomatik idarəetməyə kompüterin köməyilə tezlik və gərginlik üzrə normal rejimlərin idarə olunması və əks-qəza avtomatikası AİS-in yerinə yetirilməsi aiddir.

10.2.AİS-in informasiya təminatı

İnformasiya təminatı (İT) dedikdə, informasiya göstəriciləri və təsnifatı sistemi, verilənlərin yazılış dilləri, massiv və sənədlərin təşkili qaydaları və s. informasiya elementləri toplusu başa düşülür. İT-nin təşkili zamanı informasiyanın tərkibi, onun faydalılığı, strukturu, informasiyanın hərəkətinin xarakteri və onun alınma üsulları nəzərə alınır. İnformasiyanın vahidliyi, yəni bütün məlumatların vahid informasiya dilində təsviri İT-nin təşkilinin vacib prinsipidir.

İnformasiya dili dedikdə məlumatların kompüterə daxil edilməsi üçün yararlı formada yazılışı, məlumatların toplanması və mübadiləsi üçün süni dil nəzərdə tutulur. Belə dilin strukturunu sözlük fondu və onun ardıcıllığını formalaşdırmağa imkan verən qramatika təşkil edir. Bunun üçün göstəricilərdən, rekvizitlərdən və sənədlərdən istifadə edilir.

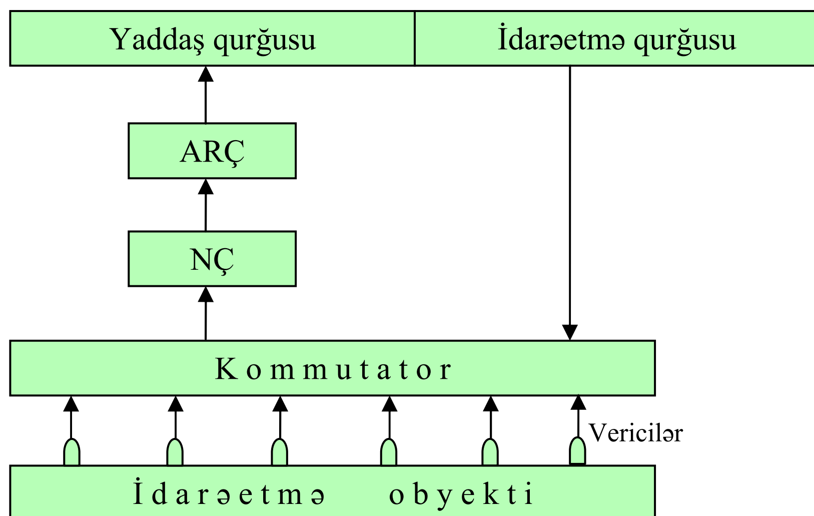
AİS-in əsas informasiya təminatı verilənlər bankıdır (VB). Bu, dialoq rejimində həll oluna bilən AİS məsələləri üçün nəzərdə tutulan, mərkəzləşdirilmiş şəkildə formalaşdırılan və eyni formada yazılan verilənlər massividir. Verilənlər bankı müxtəlif mənbələrdən müstəqil olaraq alınan informasiyaları mərkəzləşdirməyə, bir dəfə daxil edildikdən sonra onlardan çoxdəfəli istifadəyə imkan verir, informasiyadan istifadə müddətini qısaldır, xidməti proqramı dəyişmədən massivlərin yenidən təşkilini aparmağa və s. imkan verir. Verilənlər bankı verilənlər bazasını və onun idarəedici proqramlarını, yəni massivlər üzrə verilənlərin daxil edilməsi və yerləşdirilməsi, zəruri verilənlərin düzəldilməsi və seçmələrinin aparılması proqramlarını özündə əks etdirir. Kompüter kodlaşdırılmış informasiya ilə işləyir. Buna uyğun olaraq bütün fiziki kəmiyyətlər kodlarla əvəz olunurlar. Kodlaşdırma əl və ya maşın ilə aparıla bilər. Kodlaşdırma zamanı hər bir element (məsələn, enerjisistem) öz sıra sayı ilə əvəz olunur. Belə formada bütün elektrik stansiyalarını kodlaşdırmaq olar. Kodlaşdırılan elementlər iki qrupa bölünürlər və hər bir qrup üçün müəyyən seriya nömrələri ayrılır. Kodlaşdırma üçün ondərəcəli kod qəbul olunmuşdur və onlarla on milyarda qədər adı kodlaşdırmaq olar.

Hazırda müxtəlif standart verilənlər bankı mövcuddur ki, onların hər biri üçün proqram təminatları işlənmişdir.

10.3. AİS-də informasiyanın toplanması, ötürülməsi, daxil edilməsi və ilkin emalı

Elektrik stansiyalarında kəmiyyətlərə və proseslərə nəzarət. Kəmiyyətlərin və proseslərin ölçülməsi bir-birindən fərqlənir. Kəmiyyət hər hansı parametrin vahid qiymətidir. Proses isə zamana görə ölçülən kəmiyyətlər toplusudur. Onların ölçülməsi üçün cihazlardan və verilənlərdən istifadə olunur. Vericilər vahid şəklə salınmış və vahid şəklə salınmamış siqnallı olmaqla fərqlənirlər. Çıxışında 0-50mA sabit cərəyan və ya 0-5 mV sabit gərginlik olan vericilər vahid şəklə salınmış vericilərə, digər bütün vericilər isə vahid şəklə salınmamış siqnallı vericilərə aiddirlər.

EES-də istifadə olunan vericilər əsas tiplərinə görə iki böyük qrupa bölünürlər: fasiləsiz və diskret siqnallı vericilər. Sabit cərəyan, sabit gərginlik, dəyişən cərəyan, gərginlik, EHQ və impuls vericiləri fasiləsiz siqnallı vericilərdir. Diskret siqnallı vericilər rəqəm çıxışlı, mövqeli və ədəd-impulslu olurlar. Şək. 10.2-dən göründüyü kimi idarə qurğusunun və ya xüsusi zaman qurğusunun (taymer) əmri üzrə kommutator ardıcıl olaraq normallaşdırıcı çeviricilər (NÇ) qrupuna qoşulur. O, siqnalı sabit cərəyan gərginliyinə çevirir, məsələn, dəyişən cərəyanı düzləndirərək onu vahid formalı diapazona gətirir (siqnalı gücləndirir).



Şək. 10.2. Enerjisistemdə nəzarətin təşkili

NÇ – normallaşdırıcı çevirici; ARÇ – analoq-rəqəm çeviricisi

Analoq-rəqəm çeviricisi (ARÇ) siqnalı rəqəm formasına çevirir (ikili rəqəm siqnalına). Kompüterə daxil edildikdən sonra informasiyanın ilkin emalı başlayır: siqnalların funksional çevrilməsi və miqyaslaşdırılması aparılır. Bu isə ikinci vahid ölçülü forma əsasında ilkin kəmiyyət tapmağa imkan verir. İdarəetmə

qurğusu NÇ-yə sonrakı vericini qoşur və proses dövrü olaraq təkrar olunur. Sorğu dövrünün müddəti belə təyin olunur:

$$\tau = \sum_{i=1}^{mq} (\tau_{qoş.} + \tau_a + \tau_e)_i m_v \qquad (10.1)$$

burada, m_v – qrupda olan eynitipli vericilərin sayı; m_q – vericilər qrupunun sayı; $\tau_{qoş.}$, τ_a – uyğun olaraq normallaşdırıcı çeviricinin və analoq-rəqəm çeviricisinin qoşulma və işləmə müddətləri; τ_e – çeviricinin siqnalı və kommutatorun növbəti qoşulması arasındakı dözmə müddətidir.

Əgər vericilərin sayı çoxdursa və sorğu müddəti böyükdürsə, onda bir neçə çevirici və kommutator qoyulur. Yekun sorğu sürəti vericilərin sayı və sorğu sürətləri, mərkəzi prosessorun sərbəst vaxtı və istehsalın tələbləri əsasında təyin edilir.

AİS-də telemexanika qurğusu. Telemexanika qurğusu (TMQ) idarəetmə obyektindəki kommutasiya avadanlıqlarının vəziyyətləri (telesiqnalizasiya-TS), cari rejim parametrlərinin qiymətləri (teleölçmə-TÖ) haqqında informasiyaların avtomatik toplanması və ötürülməsi, idarəedici təsirlərin göndərilməsi (teleidarəetmə-Tİ, teletənzimləmə-TT, telebloklama-TB) funksiyalarını yerinə yetirir. Telemexanika qurğusu bu funksiyalardan ya yalnız birini, ya da bir neçəsini (məsələn, Tİ-TS, TÖ-TS, Tİ-TS-TÖ və s.) yerinə yetirə bilər (kombinə edilmiş TMQ). Birkanallı TMQ (informasiya bir telemexanika kanalı vasitəsilə bir vericidən ötürülür) və çoxkanallı TMQ (informasiyanın vericilər qrupundan ötürülməsi üçün kanal zaman bölümü rejimində istifadə olunur), analoq (fasiləsiz) və diskret (impuls kodlu) TMQ-ni fərqləndirirlər.

Telemexaniki sistemlər bir-biri ilə kanallarla əlaqələndirilən dispetçer (DM) və nəzarət məntəqələrində (NM) yerləşdirilən qurğulardan ibarətdir. Bu sistemlər birsəviyyəli və çoxsəviyyəli olurlar. Birsəviyyəli sistemlər DM və NM qurğularının sayından asılı olaraq fərlənirlər. Telemexaniki informasiyanın ESt və EES

AİS-ə ötürülməsi üçün kombinə edilmiş çoxkanallı impuls kodlu TMQ daha perspektivlidir.

İnformasiyanın ötürülmə üsulları. İnformasiyanın iki ötürülmə üsulundan istifadə olunur: dövri və sporadik. Dövri üsulda müəyyən zaman aralığından bir (dövr) tam həcmli informasiyanın ötürülməsi təkrar olunur.

Sporadik üsulda isə yalnız dəyişmiş siqnallar (parametrlər) ötürülür. Dövri veriliş üçün bir kanalın, sporadik veriliş üçün isə düz və əks kanalların olması zəruridir.

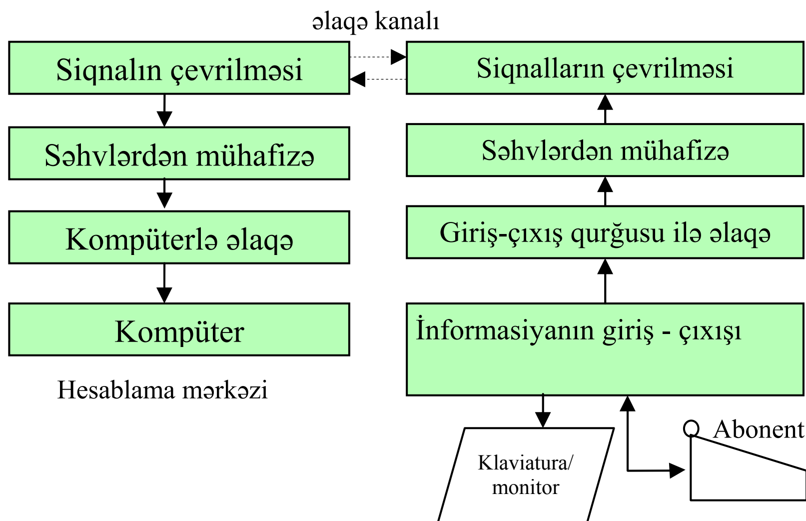
Dövri ötürmə zamanı təhrif olunmuş məlumatı ayırd edərək qəbuledici onu saf-çürük edir. Sonrakı dövrdə verici bu xəbəri yenidən ötürür. Sporadik ötürmə zamanı məlumatın saf-çürük edilməsi informasiyanın itirilməsinə gətirir. Nəzərdə tutulur ki, verici sporadik xəbəri verərək qəbuledicidən qəbulun düzgünlüyü xəbərini almayınca onu yaddaşında saxlayır. Qəbulun düzgünlüyünün təsdiqi isə əks kanal üzrə verilir. Əgər bu baş vermirsə, məlumat verici tərəfindən onun alınmasınadək yenidən ötürülür. Əks kanalın nasazlığı zamanı TMQ avtomatik olaraq dövri rejimə keçir. Əgər informasiya verilişi dövrünü bir dəfə yoxlamaq zərurəti yaranarsa (məsələn, hər hansı bir nasazlığı aradan qaldırdıqdan sonra), onda qəbuledici xüsusi sorğu siqnalı formalaşdırır. Bu siqnalların formalaşdırılması, qəbulu və əks kanalın vəziyyətinin yoxlanılması nəzarət bloku ilə həyata keçirilir.

Verilənlərin ötürülmə aparaturası. Rəqəm-söz informasiyaların ötürülmə dürüstlüyünün və sürətinin artırılması üçün AİS-də verilənlərin ötürülmə aparatından (VÖA) istifadə edilir.

Abonent məntəqəsinin kompüterlə əlaqəsinin təşkili sxemi şək. 10.3-də göstərilmişdir.

VÖA iki yarımdəstdən ibarətdir. Yarımdəstə siqnalın çevrilmə qurğusu daxildir. Bu qurğu verilmiş tip siqnalı ötürmək üçün onu yararlı hala salır və siqnal qəbul edildikdən sonra onu təkrar çevirir. Siqnalın çevrilməsi (modulyasiyası) və sonradan əks çevrilməsi (demodulyasiyası) xüsusi qurğu olan modulyator-demodulyator və ya qısaca modem vasitəsilə yerinə yetirilir. Əlaqə sxeminə həmçinin səhvlərdən mühafizə qurğusu (aparat və ya

proqram) və VÖA-nı kanalla uzlaşdırma qurğusu da daxildir. İnformasiyanın giriş-çıxış qurğusu kimi rəqəm-söz tipli çap qurğusu, ekran və ya siqnal vericiləri istifadə oluna bilər.



Şək. 10.3. Abonent məntəqəsinin komputerlə əlaqəsinin təşkili sxemi

Hazırda əlaqə kanalları ilə mərkəzi kompüter vasitəsilə əlaqələndirilən abonent məntəqələri (AM) şəbəkəsi yaradılmışdır. Kompüterlə sadədən mürəkkəb terminallara qədər beşinci sinif kompüterlərlə işləyən geniş seriyalı AM-lər buraxılır.

10.4. Dispetçerin kompüterlə işinin təşkili

Dispetçerin kompüterlə əlaqəli fəaliyyəti xüsusi dialoq sistemi vasitəsilə yerinə yetirilir. Əlaqə (ünsiyyət) müəyyən dildə monitor vasitəsilə aparılır. Dispetçerin sorğusu üzrə informasiyanın ekrana çıxarılması və qəza informasiyası yarandıqda siqnalizasiyanın avtomatik işə düşməsi təmin olunur. Dispetçer əl ilə öz vəziyyətlərini dəyişən aparatların qəza TÖ və ya TS-nin siyahısını çağıra bilər və s.

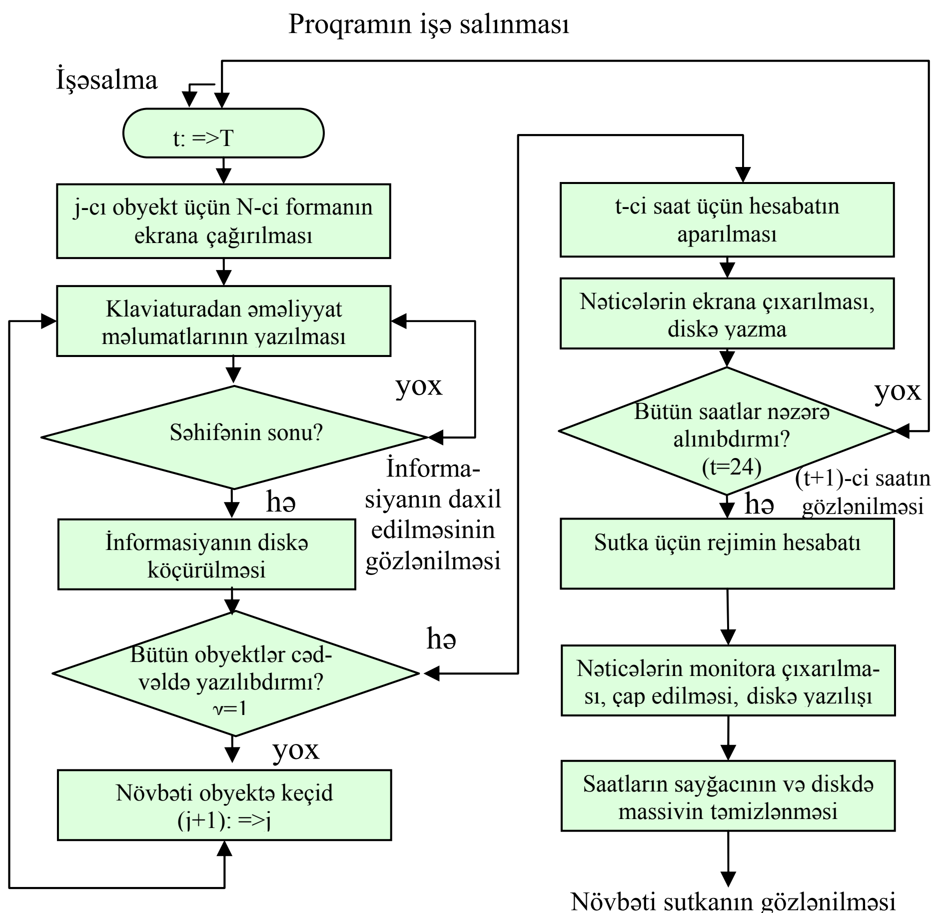
Dispetçerin kompüterlə ünsiyyəti üçün ondan xüsusi biliyin tələb olunmamasını təmin edən sadə dil lazımdır. Adətən bu əmr dilidir. Əmrlər simvolik olaraq operator tərəfindən klaviaturadan yığıla bilər, məsələn, əmr F-3-12 formada ola bilər. Bundan başqa funksional düymələrin müəyyən yığımını həyata keçirmək və bunu etmək olar, məsələn, "sutkalıq cədvəl siyahısını çağırmaq". Belə düymənin sıxılması ilə onda yazılmış əmr proqramı işə düşəcək. Dispetçer üçün sərt əmr dili sadə və rahatdır. Əmr yığımları yerli şəraitdən asılıdır və müxtəlif ola bilər.

Şək. 10.4-də sutkalıq cədvəlin doldurulması üzrə dialoq sisteminin işinin alqoritmi göstərilmişdir. Dispetçer t-ci saatda (məsələn, doqquzuncu) verilmiş j-cu obyekt üçün ona lazım olan formada, məsələn, aşağıdakı şəkildə məlumatı çağırır və ekranda həmin məlumat işıqlanır.

Saatlar	Elektrik stansiyası		Axın № 1	Axın № 2	İstehlak	Güc itkisi
	№ 1	№ 2				
8 9 10	390 380 360	150 140 ∇	250 200 350	500 400	768	12

Prosesin gedişinin aşkar görünməsi üçün ekranda nəinki sonuncu, həmçinin ondan əvvəlki iki saatın (8-ci və 9-cu) məlumatları əks olunur. Fərz edək ki, 1 saylı elektrik stansiyası Tİ sistemi ilə təchiz olunmuş və 2 saylı stansiyada isə bu sistem yoxdur. 1 saylı ESt-in məlumatları cədvəldə avtomatik verilir və marker (işarə) informasiyanın əl ilə daxil edilməli olduğu yeri göstərir. Dispetçer 2-ci ESt-nin yükü haqqında informasiyanı həmin yerə yazır. Tutaq ki, bu 130 MVt-dır. O, əl ilə 1, 3, 0 düymələrini ardıcıl çıxmaqla məlumatı daxil edir. 1 saylı güc axını avtomatik alınır və dispetçer əl ilə 2 saylı axın üzrə məlumatları yazır. Bununla onuncu saat üzrə məlumatların daxil edilməsi qurtarır və dispetçer sətrin sonunda xüsusi düymə ilə bunu qeyd edir. İnformasiya diskə köçürülür. Sonuncu forma doldurulduqdan sonra bəzi rejim parametrlərinin hesabatı aparılır (məsə-

lən, yekun elektrik enerjisi istehlakı və ya şəbəkədəki güc itkiləri) və sutkalıq cədvəl tam şəkildə ekranda əks olunur, çap olunur və saxlanması üçün diskə yazılır. Alqoritmin sonuncu bloku bütün sutka saatlarının olmasını yoxlayır, zəruri hesabatlar aparır, sutkalıq cədvəli çap edir, onu yadda saxlayır və sonrakı sutkaya keçidi təşkil edir.



Şək. 10.4. Sutkalıq cədvəlin doldurulması üzrə dispetçerin işinin alqoritmi

Yoxlama sualları

1. Enerjisistemin AİS-i necə təşkil olinur?
2. AİS-in informasiya təminatı necə həll edilir?
3. AİS-in təşkilində informasiyanın ötürülməsi necə həyata keçirilir?
4. ADİS-in vəzifələri nədən ibarətdir?
5. Dispetçerin kompüterlə işi necə təşkil olunur?

FƏSİL 11. ENERGETİKADA RİYAZİ MODELLƏŞDİRMƏ

11.1. Modelləşdirmə mərhələləri

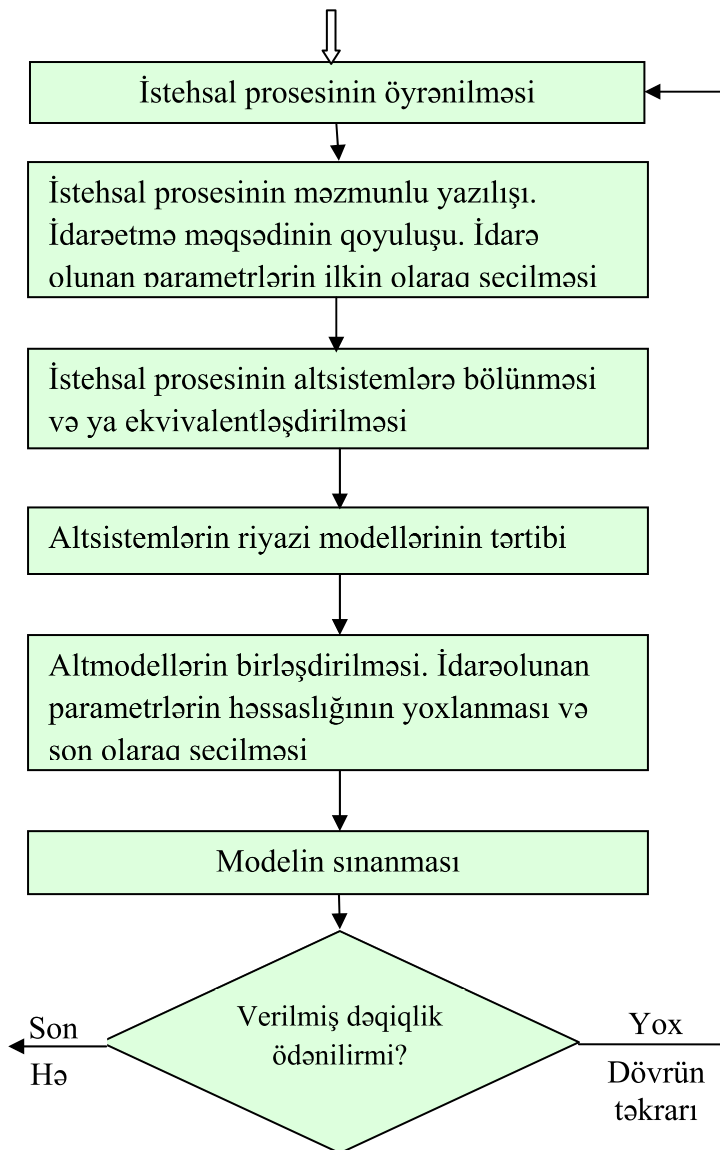
Obyektin modelləşdirilməsini onun dolayi tanınması üsulu kimi təsəvvür etmək lazımdır. Belə ki, öyrənilən obyekt (orjinal) digər bir obyektlə (modellə) müəyyən nisbətdə olurlar və obyekt-model bu və ya digər nisbətdə tanınma prosesinin bəzi mərhələlərində orjinal modeli əvəz edə bilər. Riyazi modellər texnoloji proseslərin optimal idarə olunması, başqa sözlə, daha effektiv qərarların qəbul olunması üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində istifadə olunur. Bu hər hansı kriteriya üzrə real obyektə adekvat olan müəyyən riyazi konstruksiyanın sadəcə kompüterin yaddaşında əks olunması deyil, eyni zamanda istehsalın idarə olunması üçün bu konstruksiya (qərar qəbuletmə modeli) əlverişli şəkildə olmalıdır.

Riyazi modelləşdirmə üzrə işlərin təşkili aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

Mövcud texnoloji prosesin riyazi modelini tərtib etmək və onun idarəetmə qanununu tapmaq tələb olunur. Texnoloji proseslər müxtəlif xarakterli olurlar və onların riyazi yazılışlarını vahid şəklə salmaq mümkün deyil. Modelləşdirmə üçün onları tipik alt proseslərə bölürlər. Proses nə qədər çox bölünürsə, ona uyğun tipik sxem tapmaq asanlaşır. Texnoloji prosesin riyazi modelinin tərtibatının ümumi gedişini 6 əsas mövqeni birləşdirən alqoritm şəklində təsəvvür etmək olar (şək. 11.1). Onlara ayrılıqda daha ətraflı şəkildə baxaq.

İstehsal prosesinin öyrənilməsi. Avtomatlaşdıran və ya buna analoji olaraq müəssisənin iş təcrübəsi istehsal prosesinin öyrənilməsinininin əsasını təşkil edir. İstehsal prosesinin öyrənilməsi müşahidələrin, təcrübələrin qoyulmasından və yığılmış materialın ümumiləşdirilməsindən ibarətdir. Təcrübə istehsalat və ya laboratoriya şəraitlərində aparılır. Daha çox ardıcıl yaxınlaşma üsulla-

rından istifadə olunur. İstehsal prosesinin öyrənilməsindən alınan nəticələr əsasında texnoloji prosesin təqribi yazılışı və uyğun



Şək. 11.1. Texnoloji prosesin riyazi modelinin tərtibi

olaraq təqribi riyazi model tərtib olunur. Model üzrə aparılan hesabat nəticələri obyektin real istismar nəticələri ilə müqayisə edilir.

Onlar arasında fərqlənmə olduqda modelin dəqiqləşdirilməsinə dair qərar qəbul edilir. Bu üsul böyük sayda dəyişənləri olan mürəkkəb sistemlərdə həmişə tətbiq oluna bilmir. Belə ki, real şəraitlərdə parametrlərin geniş diapazonlarda qeyri-müəyyən dəyişmələri şəraitində hesabat rejimlərini təkrarlamaq mümkün olmur.

Geniş məzmunlu yazılış. Bu, sonrakı mərhələlər üçün ilkin verilənləri ifadə edir və tədqiq olunan texnoloji prosesin bütün xüsusiyyətlərini əks etdirir. Bu xüsusiyyətlər elə sadə asılılıqlar və ya struktur sxemlər şəklində verilir ki, məsələnin qoyuluşunu aydın təsəvvür etmək mümkün olsun. Geniş məzmunlu yazılışda məqsəd funksiyası seçilir və əsaslandırılır.

Prosesin sadə aktlara bölünməsi. Modelləşdirmə prosesini yüngülləşdirmək məqsədilə proses sadə altproseslərə (aktlara) bölünür. Qeyd edək ki, energetikada xarakterik texnoloji proseslərin tipik riyazi modelləri olmadığından prosesin bölünməsinin detallaşdırılma dərəcəsi məlum tipik nümunələr əsasında avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemini layihələndirən mütəxəssis tərəfindən sərbəst olaraq həll edilir. Sadə akt kimi onun elə hissəsi seçilməlidir ki, riyazi olaraq ifadə etmək mümkün olsun. İmkan olduğu hallarda tipik riyazi ifadələrdən istifadə etmək daha yaxşıdır. Riyazi ifadə sadə olmalı, bunun üçün tələb olunan parametrlər isə, idarə olunan parametrlərin seçilmə qaydasına uyğun olaraq seçilməlidirlər.

Bəzən prosesin sadə aktlara bölünməsi əvəzinə onun ekvivalentləşdirilməsi tətbiq olunur.

11.2. Tam və sadə modellər

Texnoloji prosesin riyazi modeli bu prosesin göstəricilərini xarakterizə edən, məhdudiyyət parametrlərini nəzərə alaraq, obyektin giriş və çıxış kəmiyyətlərini, onların digər parametrlərlə

qarşılıqlı əlaqələrini təmin edən asılılıqlar (tənliklər) sistemindən ibarətdir.

Hər hansı texnoloji prosesin tam riyazi modeli beş tənliklər qrupunu özündə əks etdirir. Bunlar aşağıdakılardır:

1. **Səmərəlilik tənliyi** (məqsəd funksiyası). Bu tənlik vasitəsilə məsələnin həllinin qoyulan məqsədə uyğunluğu yoxlanılır. Çox vaxt bu tənliyə məqsəd funksiyası deyilir. Məqsəd funksiyasını belə yazmaq olar.

$$F(Y, X_{id}, X`_{id}) => extr$$

və ya ehtimal formada

$$MF\left(Y, X_{id}, X'_{id}\right) \Rightarrow extr \qquad (11.1)$$

burada, M – riyazi gözləmə simvolu (səmərəlilik tənliyi determinə olunmuş şəkildə yazıldıqda bu işarədən istifadə olunmur); F – məqsəd funksiyası; extr – maksimum və ya minimumu göstərir; X_{id} – idarə olunan, $X`_{id}$ – idarə olunmayan parametrlərdir.

2. **Əlaqə tənlikləri**. Bu tənliklər texnoloji prosesi ifadə edir və sistemin çıxış parametrlərinin digər idarəolunan giriş parametrlərindən asılılığını göstərir. Əlaqə tənlikləri aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$Y = A\left(X_{id}, X'_{id}\right) \text{ və ya } Y = A\left(X\right) \qquad (11.2)$$

Belə asılılıq bəzən elementin və ya istehsalın xarakteristikası adlanır. Xarakteristikanı qeyri-aşkar şəkildə də yazmaq olar:

$$A'\left(X, Y\right) = 0$$

Belə yazılışdan çox vaxt obyektin nəzəri analizi zamanı istifadə olunur. Əlaqə tənliyinə misal olaraq, istilik-elektrik stansiyasında yanacaq sərfinin aktiv gücdən asılılığını göstərmək olar. Buna sərfiyyat xarakteristikası deyilir: $B=f(P)$. Analoji olaraq su-elektrik stansiyalarında əlaqə tənliyi suyun sərfiyyat xarakteristikasını ifadə edir: $C=\varphi(P)$.

Obyektin xarakteristikası stasionar olduqda (xarakteristika zamandan asılı olaraq dəyişmir) əlaqə tənliklərinin yazılışı sadələşir. Lakin əksər obyektlərin xarakteristikaları praktiki olaraq qeyri-stasionar xarakterdə olur (xarakteristika zamandan asılı olaraq dəyişir). Obyektin qeyri-stasionarlığının nəzərə alınması riyazi modelləşdirməni mürəkkəbləşdirir.

Proseslərin kompüterdə modelləşdirilməsi zamanı obyektin xarakteristikaları adətən analitik asılılıqlar şəklində deyil, cədvəl formasında verilir. Ona görə də xarakteristikanın aproksimasiyaedici ifadə formasında (məsələn, interpolyasiya çoxhədliləri) təsvir olunması əlverişli olur. Prosesin belə yazılışı çox yığcam alınır. Çoxhədlinin naməlum parametrləri (əmsalları) adətən ən kiçik kvadratlar üsulu ilə tapılır. Bunu iki formada etmək olar: alınmış əyrinin formasına məhdudiyyətin qoyulması və belə məhdudiyyətin qoyulmaması yolu ilə. Birinci tip aproksimasiya alqoritmik olaraq mürəkkəbdir, böyük xəta verir, lakin aproksimasiya ifadəsinin növünün düzgün seçilməsi modelin optimallaşdırma hissəsini əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirir. Məsələn, xarakteristikanın aproksimasiya forması Laqranjın optimallaşdırma üsulunun tətbiqinə yol verirsə, model xeyli sadələşir. Əgər prosesin bütün xarakteristikaları xətti funksiya, məhdudiyyətlər isə qeyri-xətti bərabərsizliklər şəklindədirlərsə, onda proses xətti proqramlaşdırma üsulları ilə optimallaşdırıla bilər. Bununla belə çox vaxt texnoloji proseslərin xarakteristikaları əhəmiyyətli dərəcədə qeyri-xətti olur.

3. **Məhdudiyyət tənlikləri.** Bu tənliklər sistemin giriş və çıxış parametrlərinin buraxılabilən dəyişmə hədlərini və texnoloji prosesin şərtlərini göstərir. Məhdudiyyətlər bərabərlik və bərabərsizliklər şəklində verilə bilər. Ümumi halda məhdudiyyətləri aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$W_{m,i}(X,Y) \leq B_{m,i} \tag{11.3}$$

$W_{məh}$ funksiyasının formasına görə məhdudiyyətlər xətti və ya qeyri-xətti olurlar. Onları determinə olunmuş və ya stoxastik (ehtimal) formada yazmaq olar. Məsələn, giriş parametrləri üçün determinə olunmuş formada məhdudiyyət tənliklərini belə yazmaq olar:

$$X_{i,\min} \le X_i \le X_{i,\max} \qquad (11.4)$$

Bərabərlik şəklində məhdudiyyət tənliyinə enerjisistemin aktiv və ya reaktiv güclər balansı tənliklərini misal göstərmək olar:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_i P_{G,i} - \sum_j P_{y,j} - \pi = 0 \\ &\sum_i Q_{G,i} + \sum_m Q_{k,m} + \sum_n Q_{x,n} - \sum_j Q_{y,j} - q = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (11.5)$$

burada, $\sum_i P_{G,i}, \sum_i Q_{G,i}$, – uyğun olaraq, generatorların istehsal etdikləri yekun aktiv və reaktiv güclər; $\sum_j P_{y,j}, \sum_j Q_{y,j}$, – tələbatçı yüklərin yekun aktiv və reaktiv gücləri; $\sum_m Q_{k,m}$ – kompensasiya qurğularının istehsal etdiyi yekun reaktiv güc; $\sum_n Q_{x,n}$ – elektrik veriliş xəttinin yekun doldurma gücü: π, q – uyğun olaraq, elektrik şəbəkəsindəki aktiv və reaktiv güc itkiləridir.

Bərabərsizliklər şəklində məhdudiyyət tənliyinə misal olaraq avadanlığın cərəyanının və gərginliyinin buraxılabilən diapazonlarını göstərmək olar:

$$I \le I_{b.b}; \quad U_{i,\min} \le U_i \le U_{i,\max} \qquad (11.6)$$

Ehtimal formada məhdudiyyət şərtləri parametrin buraxılabilən dəyişmə həddinin yerinə yetirilmə ehtimalının (P_0) minimal buraxılabilən qiyməti şəklində yazılır:

$$P_i\left(X_{i,\min} \le X_i \le X_{i,\max}\right) \ge P_{o,i}; \quad \forall i \in I_{gir} \qquad (11.7)$$

Bu yazılış onu göstərir ki, X_i parametri P_i P_0 ehtimalı ilə yol verilən I_{gir} çoxluğuna aid istənilən i üçün buraxılabilən hədlərdə yerləşir.

Qeyd edək ki, bəzi hallarda məhdudiyyət tənliklərini cərimə funksiyası şəklində nəzərə almaq əlverişli olur:

$$\widetilde{F} = F + \Sigma(X_i \le X_{i,max})^n C_o \qquad (11.8)$$

burada, F – məqsəd funksiyası; C_o – cərimə əmsalı; $n \ge 2k$ – tam müsbət ədəd, k – natural ədəddir.

4. **Adaptasiya (uyğunlaşma) tənliyi.** AİS enerjisistemin strukturunun, parametrlərinin və təsiredici amillərinin cari dəyişmələrinə uyğunlaşan sistem olmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq, idarəetmə məhdudiyyət xarakteristikalarının və ilkin qoyulan məqsəd funksiyasının dəyişməsinə adaptasiya olunmalıdır.

İdarəetmə prosesi elə təşkil olunmalıdır ki, istismar şəraiti dəyişdikdə idarəetmənin parametrləri və strukturunun elə dəyişilməsinə nail olunsun ki, bu zaman ən böyük səmərə əldə edilsin. Bunu sistemin işinin müşahidə olunan və hazırki mövcud iqtisadi şərtlərin fərqinin minimumlaşdırılması kimi aşkar şəkildə yazmaq olar:

$$M_0(X,Y) - M(X_1,Y_1) \Rightarrow \min \qquad (11.9)$$

burada, M_0 – mövcud xarici şərtlərə yaxın şəraitlərdə əldə edilən ən yaxşı səmərədir.

Energetika obyektinin işi zamanı adaptiv sistem onun xarakteristikasının və işinin məqsədini nəzərə alır.

5. **İdarəetmə və ya optimallaşdırma tənliyi.** Bu tənlik optimal idarəetmə qanununu (alqoritmini) təyin edir. Optimallaşdırmanın yekun nəticəsi idarəetmə qanununun tapılmasından

ibarətdir. İdarəetmə tənliyi sistemin idarəolunan parametrlərinin X_{id} qoyulan məqsəddən M, çıxış parametrindən Y və onun idarə olunmayan parametrlərindən X'_{id} optimal asılılığını ifadə edir. Bunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$X_{id} = f\left(M, Y, X'_{id}\right) \tag{11.10}$$

Optimal idarəetmə qanununun tapılması üçün müxtəlif optimallaşdırma üsullarından istifadə olunur.

İstehsal prosesinin tam riyazi modeli yuxarıda qeyd edilən beş qrup tənlikdən ibarət olur. Lakin tam modellərdən başqa, bir və ya bir neçə qrup tənliyin iştirak etmədiyi sadələşdirilmiş modellərdən də geniş istifadə olunur. Sadələşdirilmiş modellər əsas etibarı ilə məqsəd funksiyasından, əlaqə tənliklərindən və məhdudiyyət şərtlərindən ibarət tərtib olunur. Geniş istifadə olunan sadələşdirilmiş modellərdən qiymətləndirmə və ya imitasiya, buraxılabilən rejimə daxiletmə və hadisənin öyrənilməsi modellərini qeyd etmək olar. Bu modellər vasitəsilə xarici təsir faktorları və idarəetmə parametrlərindən asılı olaraq, enerjisistemin vəziyyəti imitasiya olunur və onun parametrləri qiymətləndirilir.

İmitasiya modelində idarəetmə və adaptasiya tənlikləri iştirak etmir. Bu model əlaqə və məhdudiyyət tənlikləri əsasında məqsəd funksiyasının hesablanmasından (optimallaşdırma aparılmadan) ibarətdir, başqa sözlə, modeldə optimallaşdırma bəndi olmur. İmitasiya modelləri dialoq sistemlərdə geniş tətbiq olunurlar. Belə modellərin köməyi ilə optimal idarəetmə variantının axtarılması mürəkkəbdir və insan - operatorun ixtisas dərəcəsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur.

Buraxılabilən rejimə daxiletmə modeli. Bəzən obyektin idarəetmə məsələsi yalnız məhdudiyyətlərin yerinə yetirilməsinə gətirilir. Məhdudiyyətlərin sayı çox olduqda aqreqatın istismar rejiminin buraxılabilən rejimə daxil edilməsi və bunun nəticəsi olaraq onun normal işinin saxlanması xeyli mürəkkəbləşir. Belə idarəetmə prosesinin modelləşdirilməsi zamanı məqsəd funksiyası kimi məhdudiyyətlərdən istifadə olunur. Parametrlərin buraxılabilən

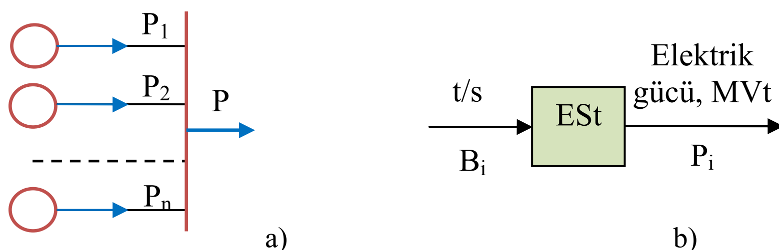
qiymətlərdən yekun kvadratik meylini minimumlaşdırmaqla rejim buraxılabilən oblasta daxil edilir.

Hadisənin öyrənilməsi üçün model. Yalnız obyektin xarakteristikalarından ibarət olan model onun ən sadə modeli hesab olunur. Belə model qərarın qəbul edilməsi üçün yararlı deyil, lakin hadisənin öyrənilməsi üçün istifadə oluna bilər.

11.3. Model nümunələri

Model nümunələrinin tərtib olunma alqoritminə baxaq. Tutaq ki, n paralel işləyən istilik-elektrik stansiyalarından ibarət enerjisistemin riyazi modelini tərtib etmək tələb olunur. Elektrik şəbəkələrindəki itkilər nəzərə alınmır.

Əlaqə tənliyi. Əlaqə tənliyini almaq üçün hər bir elektrik stansiyasına "qara qutu" kimi baxaq (şək. 11.2).



Şək. 11.2. Enerjisistemin riyazi modelinin tərtibinə dair sxem
a – sadə enerjisistemin sxemi:
b – elektrik stansiyalarının "qara qutu" şəklində təsviri

Qara qutunun girişinə B_i (t/s) yanacağı verilir, çıxışda isə P_i (MVt) gücü alınır. P_i–ni idarəolunan parametr kimi qəbul edək. Onda əlaqə tənliyi yanacaq sərfinin gücdən asılılığını ifadə edəcək B_i (P_i). Bu xarakteristikalar naməlum hesab edilir. Onları stansiyada xüsusi sınaq üsulları ilə alırlar.

Məhdudiyyətlər. Burada iki məhdudiyyət şərtindən istifadə olunacaq:

a) Balans tənliyi – verilmiş anda bütün elektrik stansiyalarının yekun gücü yüklərin yekun gücünə bərabərdir:

$$\sum P_i - P = 0$$

b) Bərabərsizlik formada – idarəolunan parametrin dəyişmə həddi, baxılan halda elektrik stansiyalarının sərhəd güclərini ifadə edir:

$$P_{i,\ min} \le P_i \le P_{i,\ max}\ ; \quad \forall i \in n$$

Məqsəd funksiyası. Məqsəd funksiyası kimi dəyər funksiyasını qəbul edək, məsələn, elektrik enerjisi istehsalına sərf olunan yanacağın dəyəri. Bu şərtlər təqribən enerjisistemin maksimum rentabelliyinə uyğundur:

$$F = \sum_{i=1}^{n} d_i B_i(P_i) \Rightarrow \min$$

burada, d_i – bir ton yanacağın qiyməti, man.

İdarəetmə tənliyi. Bu tənliyi almaq üçün məqsəd funksiyasının minimumlaşdırılması məsələsini həll etmək lazımdır. Laqranj üsulundan istifadə edək. Bu üsula görə məqsəd funksiyası əvəzinə aşağıdakı şəkildə tərtib olunmuş hər hansı L funksiyasının minimumu axtarılır:

$$L = \sum_{i=1}^{n} d_i B_i\left(P_i\right) + \lambda\left(\sum_{i=1}^{n} P_i - P\right) \Rightarrow \min$$

burada, $\lambda \ge 0$ – Laqranjın qeyri-müəyyən vuruqlarıdır. Əgər balans tənliyi ödənilirsə, onda L funksiyasının minimumu məqsəd funksiyasının minimumu ilə üst-üstə düşür. L funksiyasının minimumunu aşağıdakı şərtdən tapırıq:

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = 0; \qquad \forall i \in n$$

Bu isə aşağıdakılara ekvivalentdir:

$$\left.\begin{aligned} & d_1 \frac{\partial B_1(P_1)}{\partial P_1} + \lambda = 0 \\ & d_2 \frac{\partial B_2(P_2)}{\partial P_2} + \lambda = 0 \\ & ------------ \\ & d_n \frac{\partial B_n(P_n)}{\partial P_n} + \lambda = 0 \end{aligned}\right\} n \ sayda$$

Hər bir tənlikdən λ–ni təyin edib, sağ tərəfləri bərabərləşdirsək yazarıq:

$$d_1 \frac{\partial B_1(P_1)}{\partial P_1} = d_2 \frac{\partial B_2(P_2)}{\partial P_2} = \cdots = d_n \frac{\partial B_n(P_n)}{\partial P_n}$$ Və ya

ümumi halda idarəetmə tənliyi aşağıdakı kimi olar:

$$d_i \frac{\partial B_i(P_i)}{\partial P_i} = idem$$

Sağ tərəfdəki simvol (idem) bütün elektrik stansiyaları üçün şərtin eyniliyini bildirir.

Adaptasiya tənliyi. Onları kəmiyyətcə ifadə etmək çətindir. Fərz etmək olar ki, normal şəraitdə idarəetmə yanacaq sərfinin minimumlaşdırılması ilə çıxarılmış qanun üzrə həyata keçirilir. Bir və ya bir neçə stansiyada qəzanın baş verdiyi daha mürəkkəb şəraitlərdə uyğunlaşdırma qurğusu məqsəd funksiyalarını dəyişməli və qənaətlilik şərtləri üzrə idarəetmədən, məsələn, maksimum etibarlılığı və ya davamlılığı təmin edən tənzimləməyə keçməlidir. Bu isə idarəetmə alqoritminin yenidən qurulmasını tələb

edir. B_i (P_i) xarakteristikalarını hesablamaq üçün də adaptasiya üsullarından istifadə etmək olar.

Qiymətləndirmə modeli. Verilmiş məsələ üçün qiymətləndirici riyazi model əlaqə, məhdudiyyət və məqsəd funksiyasını hesablamaq üçün (optimallaşdırma olmadan) yazılan tənliklərdən ibarət olacaq, yəni:

1. $B_i(P_i); \quad \forall i \in n$

2. $\sum_{i=1}^{n} P_i - P = 0$

3. $P_{i,\min} \le P_i \le P_{i,\max}; \quad \forall i \in n$

4. $F = \sum_{i=1}^{n} d_i B_i(P_i)$

3-cü şərti ödəyən hər hansı (*i-1*) sayda stansiya güclərini verməklə, 2 şərtindən sonuncu stansiyanın gücü təyin edilir. Əgər bu, yol veriləndirsə (3 şərtini ödəyirsə), onda F məqsəd funksiyasını hesablamaq və onu qiymətləndirmək olar. Qiymətləndirmə modeli (n+2) sayda tənlikdən və (n+1) sayda məhdudiyyət şərtlərindən ibarət olur.

Buraxılabilən rejimə daxiletmə modeli. Model üç qrup tənlikdən ibarətdir. Məqsəd funksiyası məhdudiyyətlərlə üst-üstə düşür və məsələn aşağıdakı şəkil alır:

$$F = \sum_{i=1}^{n} C_{0,i}\left(P - P_{bb}\right)^{n}$$

Göstərilən məqsəd funksiyasını obyektin xarakteristikasına tətbiq etməklə müvafiq idarəetmə tənliyi tapılır. Hadisənin öyrənilməsi üçün yalnız aqreqatların xarakteristikalarindan ibarət olmaqla model tərtib edilir.

11.4. Modelin qurulma xüsusiyyətləri

Model əhəmiyyətli dərəcədə əldə olunan mövcud informasiyadan, onun dürüstlüyündən, alınma və tətbiq olunan optimallaşdırma üsullarından asılıdır. Aşağıfakı üç hala baxaq.

a) Situasiyanın modelləşdirilməsi və sistemin ən məqsədə uyğun şəkildə özünü aparması və cavabın alınması halı. Bu hal optimallaşdırma halına uyğundur. Burada qərar qəbulunu tamamilə maşına etibar etmək olar.

b) Situasiyanı modelləşdirmək olar, lakin arzu olunan idarəetməyə dair cavabı almaq mümkün olmaz (qiymətləndirmə modeli halı). Bu halda qərar insan tərəfindən qəbul edilir.

c) Texniki vasitələrin çatışmazlığı və ya bizim başa düşməyimizin qənaətbəxş olmamasına görə informasiyanın natamamlığı səbəbindən situasiyanı tamamilə modelləşdirmək mümkün deyil. Bu halda məsələni altməsələlərə bölmək və onlar üçün qiymətləndirmə modellərinin qurulmasına cəhd etmək faydalı olur.

Modellərin sadəliyi – dəqiqliyin azalmasına baxmayaraq, modelin sadələşdirilməsi əksər hallarda zəruri olur. Riyazi model sadəlik və dəqiqlik arasında məqsədəuyğun kompromisdir.

Model sistemi – müxtəlif şəraitlərdə hətta bir obyektin özünü aparmasının yazılması və ya müxtəlif istehsalat məsələlərinin həlli üçün bir model deyil, bir neçə modellər yığımı tələb olunur.

Determinə olunmuş və ehtimal modellər – modellərin tərtib olunmasının üç halını göstərmək olar: müəyyən olunmuş model – bu zaman bütün informasiya birqiymətli verilir (determinə olunmuş model); ehtimal–müəyyən olunmuş model – əlaqələrin sırasına ehtimal (təsadüfi) kəmiyyətlər daxil olur, lakin onların hər biri üçün ehtimal dəyişmə qanunauyğunluğu məlumdur; qeyri-müəyyənlik – bir neçə təsadüfi kəmiyyətlərdən biri üçün riyazi ifadələr məlum deyil və təsadüfi kəmiyyət özünün dəyişmə diapozonu ilə verilir.

Əgər tənliklərdən heç olmazsa biri ehtimal formada yazılırsa, onda bütün model ehtimal (stoxastik) olur və ikinci və ya üçüncü

qrupa aid edilir. Energetikada riyazi modelləri tərtib edərkən adətən ehtimal hadisələri nəzərə almaq lazım gəlir. Ehtimal-müəyyən olunmuş modellərdə təsadüfi kəmiyyətlər öz paylama qanunları ilə verilir. Adətən onların ədədi xarakteristikalarının verilməsi ilə kifayətlənilir: orta qiymət, orta kvadratik meyletmə (dispersiya) və bir neçə təsadüfi kəmiyyətlər üçün korrelyasiya momentləri. Ehtimal-müəyyən olunmuş halda həll təsadüfi kəmiyyətlərin aldığı konkret qiymətlərdən asılıdır. Birqiymətli variant məqsəd funksionalının riyazi gözləməsinin minimumu şəklində optimal və ya bəzi optimal asılılıqlar şəklində alınır. Belə məsələlərin optimal həlli çox çətindir. Bu halda adətən statistik modelləşdirmə üsulları tətbiq olunur.

Qeyri – müəyyənlik halında yalnız bəzi rasional variantların seçilməsi haqqında danışmaq olar. İlkin informasiyanın qeyri-müəyyənliyi son seçimin də qeyri-müəyyənliyinə gətirir. Bu da variantlar arasından bu və ya digər meyarla rasional olanların sərbəst seçilməsi ilə təyin olunur. Bu zaman oyunlar nəzəriyyəsindən məlum olan bəzi kriteriyalardan, məsələn, minmax kriteriyadan istifadə etmək olar. Burada daha prespektiv olan istehsal müəssələrində müşahidələrin toplanması və idarəetmənin qeyri-müəyyənlik şəraitindən ehtimal-müəyyən olunmuş model şəklinə keçirilməsidir.

Verilənlərin qeyri-müəyyənliyi halında qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsindən istifadə etməklə əlverişli model yaratmaq mümkün olur. Bu nəzəriyyə 1965-ci ildə azərbaycanlı, Bereli Universitetinin professoru L.Zadə tərəfindən verilmişdir. Qeyri-səlis çoxluqlar belə fərziyyəyə əsaslanır ki, istənilən hər hansı element yalnız müəyyən dərəcədə verilmiş çoxluğa aid olur. Ona görə də qeyri-səlis çoxluğun əsas riyazi yazılış üsullarından biri belə aidiyyətliliyin dərəcəsini göstərən, məsələn, [0;1] intervalından müəyyən bir ədədin tapılmasıdır. Bu halda intervalın sərhədləri başqa şözlə, 0 və 1 uyğun olaraq “aid deyil” və “aiddir” mənasını bildirir.

Məsələn, A qeyri-səlis çoxluğunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$A = \{(x, \mu_A(x)),\ x \in \mathrm{X}\}$$

Burada x – çoxluğun elementi; $\mu_A(x)$ – mənsubiyyət funksiyasıdır və $\mu_A(x)\colon X \to [0;\ 1]$.

Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi qeyri-müəyyənliklər halında riyazi model qurmağa, qeyri-səlis biliklər bazası əsasında əməliyyatlar aparmağa və qeyri-səlis qərarlar (çıxarış) qəbul etməyə imkan verir. Qeyri-səlis informasiyanın emalı və qeyri-səlis çıxarış çoxdan müxtəlif intellektual sistemlərdə tətbiq edilir, lakin qeyri-səlis çoxluqlar ən çox idarəetmə sahəsində geniş yayılmışdır. Energetikada qeyri-səlis çoxluqların tətbiqi məsələləri 13-cü fəsildə verilmişdir.

Riyazi modeldə həyəcanlanmaların nəzərə alınması. Həyəcanlanmaları daxili və xarici olmaqla iki qrupa ayırmaq olar. Daxili həyəcanlanmalar texnoloji avadanlığın vəziyyəti və istismar şəraitinin dəyişməsi (ətraf mühitin temperaturu və İES-də soyuducu suyun temperaturu və s.) ilə əlaqədardır. Planlı-direktiv həyəcanlanmalar istisna olmaqla bütün bu həyəcanlanmalar stoxastik xaraker daşıyır. Əgər həyəcanlanma parametrinin qiyməti məlumdursa, onda onu obyektin riyazi modelinə daxil etmək və onun təsirini tədqiq etmək olar (məsələn, Monte-Karlo üsulu ilə). Fasiləsiz istehsal xarakterli sistemləri müəyyən şərtlər daxilində əksər hallarda determinə olunmuş proseslər kimi yazmaq mümkündür.

11.5. Adaptiv modellər

Fasiləsiz istehsalatın idarə olunması üçün adaptiv modellər geniş istifadə olunur. Adaptiv modellər obyektə dair informasiyalar toplandıqca dəqiqləşən modellərdir. İstismarın əvvəlində modelin parametrləri əldə olan informasiyalar üzrə təyin olunurlar. Bu model əsasında optimal idarəedici təsirlər hesablanır, reallaşdırılır və sistemin özünü aparmasına dair yeni təcrübi informasiyalar alınır. Bu informasiyadan modelin dəqiqləşdirilməsi

məqsədilə istifadə olunur. Yeni model əsasında idarəedici təsirlər dəqiqləşdirilməşi üçün yenidən hesablanır, onlar reallaşdırılır və yenidən model dəqiqləşdirilir və s. Əgər bu halda modelin parametrlərinin hesablanma prosesi yığılan olarsa, onda belə idarəetmə optimal nəticəyə gətirir.

Qeyd olunan prosesin hər bir addımında obyektin xarakteristikasını təyin etmək, başqa sözlə, obyektin identifikasiyasını (eyniləşdirilməsini) aparmaq lazım gəlir. İdentifikasiya dedikdə, giriş və çıxış dəyişənləri arasındakı əlaqənin dərəcəsi və formasının təyini (obyektin xarakteristikası), bu funksiyaların stasionarlığının, model və obyektin adekvatlıq dərəcəsinin təyin olunması başa düşülür.

Stasionar və qeyri-stasionar obyektlərin identifikasiyası üçün istifadə olunan adaptasiya üsullarını iki qrupa bölürlər. İkinci qrup stasionarlıq intervallarında birinci qrupa gətirilir. İdentifikasiya məqsədilə ən kiçik kvadratlar və stoxastik approksimasiya üsullarının müxtəlif modifikasiyalarından istifadə olunur.

Ən kiçik kvadratlar üsulu. k sayda girişləri və bir y çıxışı olan obyektə baxaq. Tutaq ki, dəyişənlər arasındakı əlaqə aşağıdakı ifadə ilə yazılır:

$$y = \sum_{i=1}^{n} c_i f_i(x) \qquad (11.11)$$

və ya matris formasında

$$\mathbf{y}=\mathbf{c}^{\mathbf{T}}\,\mathbf{f}(x) \qquad (11.12)$$

burada $f_i(x)$ – verilmiş approksimasiyaedici funksiyadır; $\mathbf{a}^{\mathbf{T}}$ və **y** – n ölçülü sütun vektorlardır; **T** simvolu transponirə etmə əməliyyatını göstərir.

Stasionar obyekt üçün identifikasiya məsələsi **a** vektorunun ən yaxşı qiymətlərinin axtarılmasına gətirilir. **a** qiymətləri m ardıcıl zaman intervallarında ($j = \overline{1,m}$) obyektin xarakteristikasının

əks olunma səhvinin orta kvadratının minimumluğu şərtindən hesablanır. Əksolunma səhvinnin kvadratı β belə yazılır:

$$\beta(a)=\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}y_j-\sum_{i=1}^{k}c_i f_i(x_j)\right)^2 \Rightarrow \min \qquad (11.13)$$

$\mathbf{a_i}$ vektorunun koordinatları üzrə $\beta-$dan xüsusi törəmələr alıb sıfıra bərabərləşdirsək, aşağıdakı xətti tənliklər sistemini alarıq:

$$\left.\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{k}c_i\sum_{j=1}^{m}f_1(x_j)f_i(x_j)=\sum_{j=1}^{m}y_j f_1(x_j)\\
&\sum_{i=1}^{k}c_i\sum_{j=1}^{m}f_l(x_j)f_i(x_j)=\sum_{j=1}^{m}y_j f_l(x_j)\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&\sum_{i=1}^{k}c_i\sum_{j=1}^{m}f_m(x_j)f_i(x_j)=\sum y_j f_m(x_j)
\end{aligned}\right\} \qquad (11.14)$$

və ya matris formasında

$$\mathbf{W}(c)\ \mathbf{c}(t)=\mathbf{U}(t)$$

Buradan vektorun qiymətləri

$$\mathbf{c}(t)=\mathbf{U}(t)\ \mathbf{W}^{-1}(c) \qquad (11.15)$$

burada

$$\mathbf{W}(c)=\sum_{j=1}^{m}f_l(x_j)f_i(x_j)$$

$$\mathbf{U}(t)=\sum_{j=1}^{m}y_j\ f_i(x_j)$$

$\mathbf{c}(t)$ vektorunun qiymətlərini o halda hesablamaq mümkündür ki, **W** matrisinin determinantı sıfırdan fərqli olsun, başqa sözlə, müşahidə ardıcıllığı n xətti-asılı olmayan vektorlar təşkil etsin.

11.6. Layihələndirmə üçün modellər

Layihələndirmə sistemi dedikdə zəruri nəticələrin alınması üçün müəyyən məqsədlərin yerinə yetirilməsi və ya tərkib hissələrin və ayrı-ayrı fəaliyyətlərin koordinasiyası üzrə əldə olunan vasitələr nəzərdə tutulur. Layihələndirmə sistem və vasitələr qarşısında qoyulmuş məqsədlərin səmərəli (bəzən optimal) tarazlaşdırılmasını təmin edən kompromisin axtarılmasını tələb edir. Bu sistem və vasitələrin koməyi ilə həmin məqsədlər reallaşdırıla bilər. Sistemin layihələndirilmə məsələsini bəzi quraşdırma X_1, istismar şərtləri X_2 parametrlərindən, t zamanından və sistemin θ etibarlılığından asılı olan müəyyən səmərəlilik göstəricisinin F minimumlaşdırılması prosesi kimi təsəvvür etmək olar [16]:

$$M(F(X_1,X_2,t,\theta(X_1,X_2,t)))\Rightarrow \min,\ X_1\in\tilde{X}_1;X_2\in\tilde{X}_2 \quad (11.16)$$

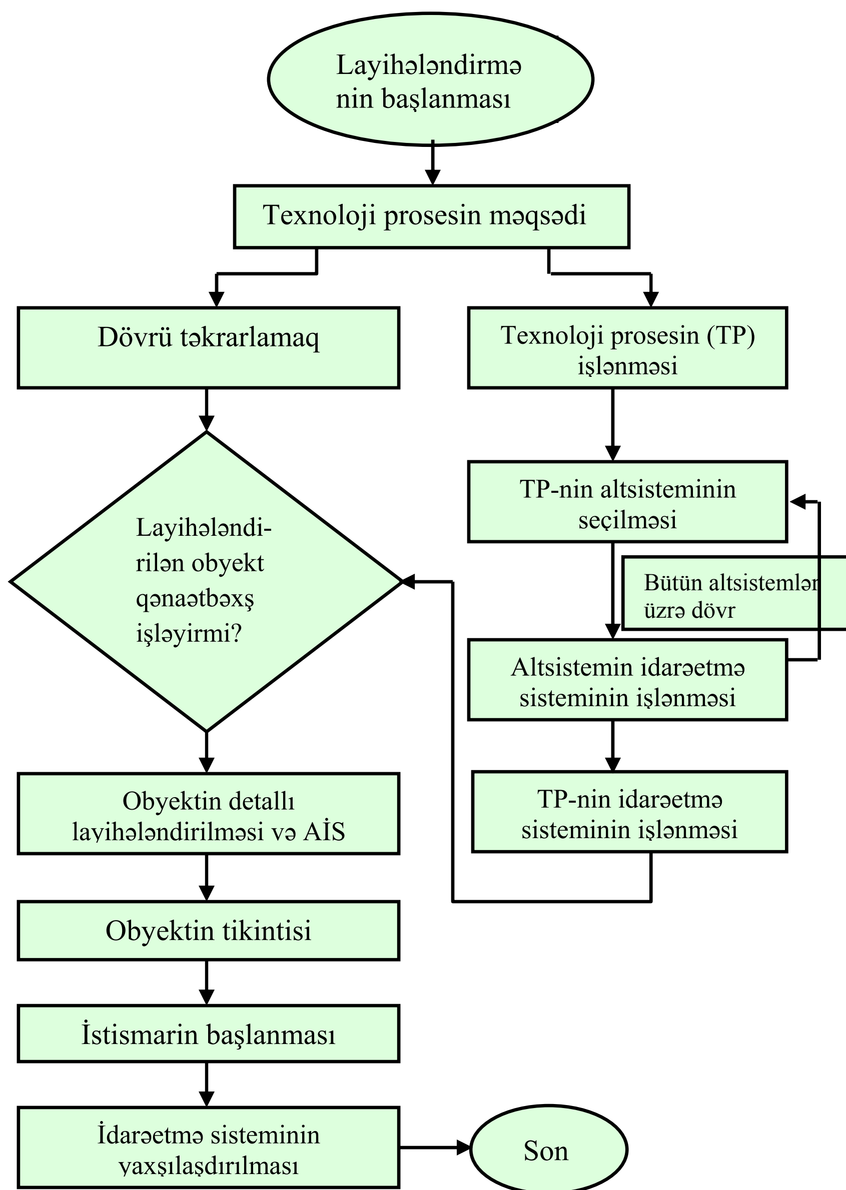
Bu halda $\boldsymbol{X_1}$ və $\boldsymbol{X_2}$ vektorları müəyyən $\tilde{X}_1$ və $\tilde{X}_2$ buraxılabilən çoxluqlarına (məhdudiyyətlər) aiddir, etibarlılıq isə sistemin parametrlərindən, istismar şərtlərindən və zamandan asılıdır.

AİS-in sintezi və analizi məsələləri. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi idarə olunan obyektin və idarəetmə sisteminin məcmusundan ibarətdir. Kompleks idarəetmə sisteminin yaradılması (idarə olunan obyekt və idarəetmə sisteminin eyni zamanda layihələndirilməsi) çox böyük effekt verə bilər. Obyektin idarəetmə sistemi ilə üzvü bağlılığı onu daha da idarə olunan edir, ava-

danlıqların möhkəmlik və digər texnoloji ehtiyatlarını artırmağa imkan verir. Avadanlıqların vəziyyət parametrlərinə birbaşa mərkəzləşdirilmiş nəzarət, qəza anında effektiv maşın idarəetməsi ilə eyni zamanda parametrlərin konstruksiyanın kritik dağıdıcı qiymətindən böyük olma ehtimalının azaldılması avadanlığın qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa və onun isticmar xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmağa imkan verir. Müasir mərhələdə AİS və idarəetmə obyektinin eyni zamanda layihələndirilməsi prioritet olaraq dəyərləndirilir.

Sintez sxemi üzrə layihələndirmə obyektin layihələndirilməsinin onun idarəetmə sisteminin layihələndirilməsi ilə birləşdirilməsini nəzərdə tutur. Texnoloji prosesin məqsədlərinin formalaşdırılmasından sonra layihələndirmə prosesi altsistemlərə bölünür. Hər bir altsistem üçün məqsəd təyin olunur və idarəetmə sistemi seçilir. Seçilmiş altsistemlər vahid iyerarxik idarəetmə sistemlərində birləşdirilir. Bu, rejimlərin idarə olunmasının üç situativ iyerarxiya səviyyəsini əhatə edir: qəza, normal (buraxılabilən) və optimal. Bundan başqa, seçilmiş altsistemlərin (işçi sahələrin) fəza iyerarxiya tabeçiliyi yaradılır. Bütünlükdə, müəssisənin işinin keyfiyyəti yoxlanılır və əgər qeyri-qənaətbəxşdirsə, altsistemlərə bölünmə idarəedici sistemin parametrləri də daxil olmaqla dəqiqləşdirilir. Obyektin yaradılmasının sonrakı mərhələləri şək. 11.3-dən aydın görünür.

Bu qayda ilə qurulmuş obyekt AİS olmadan işləyə bilməz, idarəetmə sisteminin imtinası hallarında isə, insan-operator kompüteri tam ehtiyatlandıra bilmir. Deməli, sintez üsulu ilə seçilmiş AİS-üstquruma nisbətən AİS sxeminə etibarlılıq üzrə daha sərt tələblər qoyulur.



Şək. 11.3. İdarəetmə sistemi ilə birlikdə istehsal prosesinin layihələndirilməsi zamanı modelləşdirmə

Avadanlığın AİS-ə uyğunlaşdırılması. Energetik avadanlıqların yaradılma tarixi uzundur və kibernetik sistemlər üçün az yararlıdır. Çox avadanlıqlar zəruri ölçü avadanlıqları ilə komplektləşdirilmir. İdarəetmənin özü kifayət qədər mürəkkəbdir və bir neçə idarəetmə bəndinə malikdir. Sistem yanaşma, idarəetmə sisteminin və texnoloji prosesin sintezi istifadə olunduqda idarəetməyə bu və ya digər altsistemin ölçü avadanlıqları ilə təchizatı nöqteyi-nəzərindən tələbləri dəqiq formalaşdırmaq olar. Energetikada riyazi modelləri tərtib edərkən çoxkriteriyalılığı və idarəetmə sistemlərinin iyerarxik qurulmasını nəzərə almaq lazımdır.

11.7. Çoxkriteriyalılıq və onun nəzərə alınması

Həllin seçilməsinin əksər real hallarında bir deyil, bir neçə kifayət dərəcədə əhəmiyyətli optimallıq kriteriyaları olur və onlar hamısı nəzərə alınmalıdır. Çoxkriteriyalıq və ya vektor optimallaşdırma problemi yaranır. Onun həlli zamanı kriteriyaların ziddiyətliliyini nəzərə almaq lazım gəlir və müəyyən kompromis prinsiplər daxil edilir. Vektor optimallaşdırmanın müəyyən məsələləri ilə tanış olaq.

Tutaq ki, $\boldsymbol{X_0}$ buraxılabilən D həllər çoxluğunda təyin olunmuş həlldir. Onun keyfiyyəti $\boldsymbol{F}$ səmərəlilir vektorunu əmələ gətirən n skalyar $c_1, c_2, ..., c_n$ kriteriyaları toplusu ilə qiymətləndirilir. F vektoru həll ilə müəyyən $\boldsymbol{X_0} \Rightarrow \boldsymbol{F} = \boldsymbol{R}(x)$ təsviri ilə əlaqədardır. Elə buraxılabilən və rasional $\boldsymbol{X_0} \in D$ həlli tapmaq lazımdır ki, $\boldsymbol{F}$ səmərəlilik vektoru optimal olsun. Optimallaşdırma modeli aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$\boldsymbol{X_0} = \boldsymbol{R}^{-1} (\text{opt } F(\boldsymbol{X})), \qquad \boldsymbol{X_0} \in \boldsymbol{D} \qquad (11.17)$$

burada, opt – optimallaşdırma operatoru; $\boldsymbol{R}^{-1}$ – $\boldsymbol{F}$ -in tərs çevrilməsidir.

Vektor optimallaşdırma. Bu halda optimallıq prinsipinin seçilməsi problemini həll etmək lazım gəlir. Alınan həllin optimal olmasını necə başa düşmək lazımdır? Skalyar (birkriteriyalı) optimallaşdırma halında optimal həllin seçilməsinin aydın olan prinsipi mövcuddur, məsələn, əgər maksimallaşdırma kriteriyasıdırsa, onda

$$F(X_0) \geq F(X)$$

Vektor optimallaşdırma halında optimal həllin seçilmə prinsipini təyin etmək lazımdır. Bu problem skalyarlaşdırma problemi adını daşıyır və lokal kriteriyalar funksiyası olan müəyyən ümumiləşdirilmiş skalyar kriteriyanın seçilməsinə gətirilir. Prinsipin seçilməsi insan - operator tərəfindən aparılır.

Kompromislər oblastı. Buraxılabilən D həllər çoxluğu oblastından müəyyən $Q \in D$ oblastını ayıraq. Tutaq ki, Q elə xüsusiyyətə malikdir ki, ona uyğun olan həllər bütün kriteriyalar üzrə eyni zamanda yaxşılaşdırıla bilməz. Bu o deməkdir ki, $Q-$ dən götürülmüş istənilən həlldə heç olmazsa, lokal kriteriyalardan biri üzrə ziddiyyət vardır. Q oblastını kompromislər oblastı adlandıraq (Pareto oblastı). Bu oblastdan hər hansı həllin seçilməsi zamanı əvvəlcədən müəyyən kompromislə şərtləşmək lazımdır. Vektor optimallaşdırma zamanı həlli həmişə $Q-$ dən seçmək lazım gəlir, belə ki, bu oblastdan kənarda həlli eyni zamanda bütün kriteriyalar üzrə yaxşılaşdırmaq olar. Ona görə də vektor optimallaşdırmanın birinci addımı kompromislər oblastının sərhədlərinin axtarışından ibarət olur. Bu, mümkün həllər oblastını daraldır. Sonrakı optimallaşdırma kompromislər zonasına daxilolmadır.

Kompromis prinsipləri. Bu prinsiplərdən bəzilərinə baxaq. Ədalətli kompromis prinsipindən başlayaq. Tutaq ki, bütün kriteriyalar eyni əhəmiyyətliliyə malikdir. Belə kompromisi ədalətli hesab edəcəyik ki, bir və ya bir neçə kriteriyalar üzrə keyfiyyətin azalma səviyyəsi digər kriteriyalar üzrə keyfiyyətin nisbi yüksəlmə səviyyəsini keçmir. Aşağıdakı güzəşt kəmiyyəti daxil edilir:

$$\vartheta_i = \frac{1}{c_i} \frac{dc_i(X)}{dX} \qquad (11.18)$$

Sonra elə həll seçilir ki, bütün lokal kriteriyalar üzrə güzəştlər eyni olsun:

$$\vartheta = idem \qquad (11.19)$$

Ədalətli kompromis prinsipi bütün kriteriyaların hasillərinin maksimallaşdırılması prinsipi ilə eyniqiymətlidir:

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \prod_{i=1}^{n} \left(c_i(X_i) \right) \right); \qquad X \in Q \qquad (11.20)$$

Bu, kriteriyaların loqarifmlərinin cəmindən maksimumun alınması ilə eynigüclüdür:

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \sum_{i=1}^{n} \log c_i(X_i) \right); \qquad X \in Q \qquad (11.21)$$

Əgər kriteriyalar müxtəlif əhəmiyyətliliyə malikdirlərsə, onda güzəştin dəyərinə $\vartheta_i = a_i \vartheta_i$ hesab etməklə əlavə a əmsalı daxil etmək və

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \prod_{i=1}^{n} c_i^{a_i}(X_i) \right); \qquad X \in Q \qquad (11.22)$$

ifadəsini maksimallaşdırmaq olar.

Güzəştin dəyərinə təshihlər etmək çox vacib və eyni zamanda çox çətindir.

Kriteriyaların normallaşdırılması. Ədalətli kompromis prinsipi kriteriyaların miqyasından asılı deyil. Yanaşmanın məhz

fiziki aydınlığı da bu prinsipin əsas üstünlüyüdür. Lakin təəssüf ki, bu həmişə tətbiq olunmur və tez-tez digər optimallaşdırma prinsiplərinə müraciət edilir. Onların hamısı kriteriyaların normallaşdırılmasını, yəni onların bir miqyasa gətirilməsini tələb edirlər. Belə ki, kriteriyanın mütləq qiyməti əvəzinə onun nisbi qiyməti, məsələn, lokal kriteriyanın maksimal mümkün qiymətinə nisbəti daxil edilə bilər:

$$\hat{c}(X) = \frac{c_i(X)}{\max \hat{c}_i(X)}; \qquad X \in Q \qquad (11.23)$$

Normallaşdırılmış kəmiyyətlər üçün ədalətli kompromis prinsipindən istifadə zamanı üstünlük avtomatik olaraq ən böyük qiyməti olan lokal optimumlu kriteriyaya verilir. Bu halda kriteriyaların tarazlığı pozulur ki, bu da belə normallaşdırmanın çatışmazlığıdır.

İnteqral optimallaşdırma prinsipi. Ən ümumi halı orta inteqral optimallaşdırmadır və belə yazılır:

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \sum_{i=1}^{n} \hat{c}_i^s (X_i) \right); \qquad X \in Q \qquad (11.24)$$

Burada optimallıq kriteryası kimi normallaşdırılmış c_i cəmlərinin s-ci dərəcəsinin ortası qəbul olunur. Müvafiq s-i seçməklə inteqral prinsipindən çıxan iki sərhəd optimallıq prinsipinə baxılır.

Çebışev bərabərölçülü optimallaşdırması bütün normallaşdırılmış kriteryaların səviyyələrinin bərabər ölçüdə artırılmasını tələb edir. Bu zaman ilk növbədə ən geridə qalan – minimal kriteriyalardan başlamaq lazımdır:

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \min \hat{c}_i(X)\right); \qquad X \in Q \qquad (11.25)$$

Diferensial optimallaşdırma. Bu üsul Çebışev optimallaşdırmasının əksinə olaraq ilk növbədə ən yüksək lokal kriteriyaların maksimallaşdırılmasını tələb edir:

$$X_0 = R^{-1}\left(\max \max \hat{c}_i(X)\right); \qquad X \in Q \qquad (11.26)$$

Bu kriteriya məhdud tətbiq sahəsinə malikdir, lakin dar yerlərin süni olaraq yaradılması və analizi üçün əlverişlidir.

Kriteriyaların prioritetlərinin nəzərə alınması. Sonunçu üç prinsip bütün normallaşdırılmış kriteriyaların eyni əhəmiyyətliliyə malik olmalarını nəzərdə tutur. Kriteriyaların müxtəlif dəyərliliyinin ölçüsünü kriteriyanı onun a_i dəyərinə vurmaqla, başqa sözlə, ədədi dəyər vektoru vasitəsilə kriteriyanın əlavə olaraq normallaşdırılmasını aparmaqla nəzərə almaq olar.

Coxkriteriyalılığın nəzərə alınmasının praktik üsullarına baxaq.

Sərt prioritet prinsipi. Kriteriyaları onların əhəmiyyətliliyi üzrə, $c_1 -$in $c_2 -$dən daha üstün, $c_2 -$nin isə $c_3 -$dən daha üstün və s. olmasını nəzərə almaqla sıraya düzək. Daha vacib c_1 kriteriyasının lokal optimumunu tapaq. Onu məhdudiyyət şəklində qeyd edirik və ikinci kriteriyanın lokal optimumunu tapırıq, onu yenidən məhdudiyyət şəklində qeyd edirik və s. Bu zaman buraxılabilən həllər oblastı ardıcıl olaraq kiçiləcəkdir. Belə yanaşma yalnız o halda effekt verir ki, hər bir mərhələdə "nöqtə yox, zona" kriteriyası istifadə olunur və bir lokal ekstremum nöqtəsi deyil, optimala yaxın olan müəyyən həllər oblastı axtarılır. Hər bir növbəti kriteriyanı nəzərə almaq yolu ilə onu ardıcıl olaraq ixtisar edərək kifayət dərəcədə müəyyən dar kvazioptimal həllər altçoxluğu alınır. Son həlli insan - operator seçir.

Suboptimallaşdırma. Kriteriyalar əhəmiyyətlilik dərəcələri üzrə ranjirə edilir, onların ən birincisi seçilir, digərləri isə

məhdudiyyət şəklinə keçirilir. Bu üsul sərt prioritet prinsipindən çıxır və kifayət qədər tez-tez tətbiq edilir.

Orta çəki kriteriya. Müxtəlif kriteriyalara, məsələn, ekspert qiymətləndirməsi üsulu ilə müxtəlif çəkilər yazmaq və aşağıdakı kimi orta çəki kriteriyanı formalaşdırmaq olar:

$$F = \sum_{i=1}^{n} a_i c_i \qquad (11.27)$$

burada $a_i \geq 0 - i$-ci kriteriyanın çəkisidir. İdarəetmə bu çəki kriteriyanın ekstremumu üzrə aparılır.

Son variantın ekspert seçimi. Hər bir kriteriya üzrə n dəfə sistemin optimallaşdırılması aparılır. Nəticələr müqayisə olunur və ekspert qiymətləndirməsi üsulu ilə onlardan biri seçilir. Burada böyük hesab vaxtının tələb olunması və məhdudiyyətləri gözləməklə həllərin uyuşmazlığının mümkünlüyü mürəkkəblik yaradır. Əgər kriteriyanın seçilməsinin bütün bu üsulları hər hansı səbəbdən qeyri-qənaətbəxş olarsa, onda iyerarxik idarəetmə sisteminin daha yüksək səviyyəsində idarəetmə nöqteyi-nəzərindən onların qiymətləndirilməsi faydalı olur.

11.8. Modelləşdirmə zamanı idarəetmə ierarxiyasının nəzərə alınması

Energetikada idarəetmə ierarxik prinsip üzrə yerinə yetirilir. İerarxiya dedikdə bir neçə idarəetmə pilləsinin olması və aşağı pillənin yuxarıya tabeçiliyi başa düşülür. İerarxik idarəetmə sisteminə xas olan üç məsələni qeyd edək: verilmiş sistemi təşkil edən altsistemlərin ardıcıl şaquli yerləşməsi; yuxarı səviyyə alt sistemin aşağı səviyyə altsisteminin fəaliyyətinə müdaxilə etmək hüququ; yuxarı səviyyənin fəaliyyətinin aşağı səviyyələrin öz funksiyalarını faktiki icra etməsindən asılılığı.

İerarxiyada zərurilik – ierarxiyada idarəetmə ona görə zəruridir ki, idarə olunan sistemin böyüklüyü və buna görə də

olduqca çox informasiya selləri səbəbindən onun birbaşa idarə olunması mümkün olmur. İerarxiyada zəruriliyi belə başa düşmək lazımdır ki, obyektin ifadə olunma səviyyəsi müşahidəçinin ifadə etmə səviyyəsini keçir və müşahidəçinin ifadə çoxluğunda obyektin bütün komponentlərini eyni zamanda əks etdirmək mümkün olmur. Digər tərəfdən idarəetmənin ierarxiyası kifayət qədər böyük asılı olmayan səviyyələrdən ibarət geniş sistemlərin (o cümlədəndə iqtisadiyyatın) fiziki ierarxiyasını əks etdirir.

Üstünlüyü – ierarxik idarəetmə həm də bir çox üstünlüklərinə görə tətbiq olunur. Sənaye və inzibati birlikləri yaradarkən aşağı ierarxiya səviyyəsində yerləşənlər və həm də sistemin artıq formalaşmış elementləri çətinliklə rasionallaşdırılır. İdarəetmədə tərəqqi daha yüksək səviyyəli elementlərin əlavə olunması yolu ilə həyata keçirilir. Beləliklə, ierarxik idarəetmə onun inteqrasiyasını aparmağa imkan verir. Belə sistemlərdə aşağı bəndlərin yuxarılara məcburi tabeçiliyi ilə idarəetmə pillələri arasında dəqiq fəaliyyət bölgüsü saxlanılır. İdarəetmə strukturu düzgün seçildikdə və aşağı səviyyəyə müəyyən sərbəstlik verildikdə mövcud resurslar daha rasional istifadə olunur. İerarxiyanın istifadə olunması mürəkkəb real sistemlərin modelləşdirməsini asanlaşdırır. İerarxiya mürəkkəb problemləri alt məsələlərə bölməyə və hər səviyyənin həlledici mümkünlük məhdudiyyətləri halında həll etməyə imkan verir və AİS-də seçilmiş altməsələlərin proqramlaşdırılmasını asanlaşdırır. Nəhayət ierarxiya sistemin adaptivliyini və dözümlülüyünü artırır. Xarici həyəcanlanmalar və nasazlıqlar yaranmış vəziyyətin normallaşdırılması üçün yuxarı səviyyələrin köməyilə, yalnız aşağı səviyyələrdə lokallaşdırılır.

Bununla yanaşı, belə sistemlərin özünü aparması və idarəetməsinin müəkkəbliyini qeyd etmək lazımdır. Onun işinin analizini aparmaq və ona kənardan təsir etmək həmişə asan olmur. İerarxik idarəetmə sistemində idarəetmə səviyyələri arasında konflikt şəraitlərin baş verməsi mümkündür.

İerarxik dövrə üzrə məlumatların ötürülməsinin çətinliyi – İyerarxik dövrə üzrə hər hansı məlumatın (əmrlər,sərəncamlar və s.) ötürülməsi və icra haqqında informasiyanın gözlənilməsi za-

manı rəhbər şəxs qeyri-düzgün anlaşılma riskinə yol verir. Bu, onun sərəncamının aidiyyatı ünvan üçün tam aydın olmadığı hallarda (məsələn, çox uzun olması) baş verir. Qeyri-düzgün informasiyanın alınma riski ierarxiya səviyyələrinin sayı artdıqca yüksəlir.

İdarəetmənin səpələnməsi (desentralizasiya) – Müəssisənin istehsal həcmi və mürəkkəbliyi yüksəldikcə onun rəhbəri bütün qərarları özü təkbaşına qəbul edə bilmir. O, öz səlahiyyətlərinin bir qismini tabeçiliyində olan şəxslərə və ya xüsusi olaraq yaradılmış inzibati bölmələrə həvalə edir. Əgər səlahiyyətlərin əhəmiyyətli hissəsi verilmişdirsə, bu, idarəetmənin səpələnməsi deməkdir. AİS şəraitlərində idarəetmənin optimal səpələnmə dərəcəsinin müəyyən edilməsi olduqca vacibdir. Səpələnmə ölçüsü kimi, aşağı idarəetmə pillələrində qəbul edilən qərarların sayı (ümumi qəbul edilən qərarların sayına nisbətən faizlə) qeyd oluna bilər. Səpələnmə böyük müəssisələrdə daha effektlidir. Belə ki, böyük müəssisələrdə mərkəzləşdirilmiş idarəetmənin yaradılması olduqca çoxsaylı idarəetmə səviyyələrinin olmasını zəruri edir. Bu, həm də əsas istehsalatdan uzaqda yerləşmiş müəssisənin bölmələrində (filiallarda) daha effeklidir. Səpələnmə bəzən vahid siyasətin aparılmasına maneçilik edir. Səlahiyyətlərin geniş hissəsi verildikdə idarəetməyə nəzarət çətinləşir. Belə sistemlər üçün yaxşı hazırlıqlı rəhbərlər tələb olunur, belə ki, hazırlıqsız rəhbər ümumi maraqlara zidd düzgün olmayan qərarlar qəbul edə bilər. AİS şəraitlərində bu problemin həlli zamanı yadda saxlamaq lazımdır ki, optimal səpələnmənin problemi hər şeydən əvvəl ölçü problemidir. Verilmiş idarəetmə şərtləri üçün ən yaxşı səpələnmə strukturu qəbul olunmalıdır.

İerarxik səviyyənin idarəetmənin dinamikliyinə və informasiya axınına təsiri – İdarəetmə səviyyəsi yuxarı olduqca, operativ idarəetmənin əhatə etdiyi sahə daha böyük olur. Yuxarı hərəkət etdikcə, informasiya texnoloji prosesdən daha çox geri qalır, operativ heyətin funksiyası daha ümumi olur, idarəetmənin dinamiklik dərəcəsi azalır, qərarın qəbulu üzrə əməliyyatlar ləngiyir. Kiçik ranqlı hesablayıcı qurğular texnoloji prosesin ritminə uyğun

olaraq real zaman miqyasında işləyirlər. İnformasiya daha yuxarı səviyyələrə ötürüldükcə, informasiya axınlarının ortalaşdırılması aparılır. Qovşaqdan daxil olan informasiyaların sayı yuxarı səviyyəyə aşağı səviyyələrdən bu düyünə gələn informasiyaların miqdarı ilə müqayisədə azalır (sıxılır). Aşağıdan yuxarıya hərəkət etdikdə, bu düyünlərə informasiya tələbatçıları kimi baxmaq olar, əksinə, yuxarıdan aşağı sərəncamverici informasiyalar daxil olduqda, düyünlər əlavə informasiyalar hasil edir.

İerarxik idarəetmə səviyyələrinin zəruri sayı istehsalatın həcmindən, onun bölmələrinin sayından, düyünlərdə informasiyaların emalı xarakterindən, bölmələrin ərazi yerləşməsindən və əlaqə kanallarının dəyərindən asılıdır. Səviyyələrin sayını təyin edərkən, belə qiymətləndirmədən istifadə etmək olar. Onda, idarəetmə pillələrinin zəruri sayı aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$n_{id} = \frac{\log m_b}{\log k_{sx}} + 1 \qquad (11.28)$$

burada, m_b – idarəetmə bölmələrinin sayı; k_{sx} – idarəetmə düyünündə informasiyanın sıxılma əmsalıdır.

(11.28) düsturu müəssisənin orta yüklənmiş idarəetmə vəziyyətində olması, bütün səviyyələrdə k_{sx} – nın eyni olması, informasiyanın emalı üzrə əməliyyatların sayının onun həcminə mütənasibliyi şərtləri daxilində çıxarılmışdır. Səviyyələrin sayı informasiyaların emalının dərinliyindən asılıdır (k_{sx}). Əgər $k_{sx} = 3,2$ olarsa, onda $m_b = 10$ halında $m_{id} = 3$; $m_b = 100$ olduqda $m_{id} = 5$ olur. $k_{sx} = 10$ halında bu rəqəmlər dəyişir və uyğun olaraq $m_{id} = 2$ və $m_{id} = 3$ olur. Maksimal mümkün səviyyələrin sayı böyük deyil və rasional m_{id} –i tam seçmə yolu ilə təyin etmək olar. AİS-i yaradarkən əksər hallarda minimal sayda iyerarxiya səviyyələrinin olmasına çalışırlar.

Yoxlama sualları

1. İdarə olunan parametrlər hansılardır?
2. Energetikada riyazi modelləşdirmənin təyinatı nədən ibarətdir?
3. Modellərin qurulma xüsusiyyətlərini izah edin.
4. Modelləşdirmə mərhələlərini izah edin.
5. Effektivlik tənliyi necə ifadə olunur və məqsəd funksiyasının vəzifəsi nədir?
6. Əlaqə tənlikləri necə ifadə olunur?
7. Məhdudiyyət tənliklərin əsas formaları hansılardır?
8. Optimal idarəetmə tənliyi necə ifadə olunur?
9. Adaptasiya və qiymətləndirmə modelləri necə ifadə olunur?
10. Cərimə funksiyası nə məqsədlə tətbiq olunur?
11. Riyazi modellərin tərtibinin hansı növləri vardır?
12. Determinə olunmuş modellər nəyə əsaslanır?
13. Ehtimal-müəyyən olunmuş modellər nəyin əsasında tərtib edilir?
14. Modellərin tərtibində qeyri-müəyyənlik halı nə deməkdir?
15. Qeyri-səlis çoxluqlar nədir və hansı hallarda tətbiq olunur?
16. Çoxkriteriylılıq nədir və onun nəzərə alınmasını izah edin.
17. İdarəetmənin ierarxik prinsipini izah edin.
18. İerarxik idarəetmənin üstünlüyü və çatışmazlığı nədədir?
19. İerarxik idarəetmə səviyyələrinin zəruri sayı necə təyin olunur?

FƏSİL 12. ENERGETİKADA MİKROPROSESSORLU AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİ

12.1. Elektrik stansiyalarının AİS-nin təyinatı

Elektroenergetika sisteminin əsas istehsalat vahidi kimi elektrik stansiyaları elektrik enerjisinin istehsalı və otürülməsi proseslərinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olaraq insanın (operatorun) bilavasitə iştirakı olmadan tamamilə avtomatik idarə olunmalıdır. Lakin müasir dövrdə yalnız su-elektrik stansiyaları tam avtomatlaşdırılmışdır. İstilik və atom elektrik stansiyaları isə, onların işinə növbətçi heyət tərəfindən epizodik də olsa, müdaxilə edilməsini nəzərdə tutan avtomatlaşdırılmış sistemlərlə idarə olunurlar. Bununla yanaşı SES-in müasir idarəetmə sistemlərinin insan tərəfindən proqramlaşdırıldığını və onlara "əl ilə" təsir etmə (hər ehtimala qarşı) mümkünlüyünün nəzərə alınması ilə əlaqədar olaraq onlar da avtomatlaşdırılmış sistemlər adlandırılır (SES AİS). İstilik proseslərinin mürəkkəbliyi ilə əlaqədar olaraq İES və AES-in texnoloji avtomatikasının idarəetmə sistemlərinin texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri kimi adlandırılmasını şərtləndirmişdir (TP AİS).

Elektrik stansiyaları AİS-nin konkret vəzifələri aşağıdakılardır:

a) Turbin – generator – transformator enerji bloklarının aktiv güclərinin elektrik stansiyasının əvvəlcədən nəzərdə tutulmuş sabit proqnozlaşdırılan hissəsinin saxlanması;

b) Elektroenergetika sisteminin təsadüfi dəyişən (planda nəzərdə tutulmayan yüklərinin) örtülməsi üçün informasıya verilişi kanalları üzrə daxil olan EES AİS siqnallarının təsiri altında enerjiblokların aktiv güclərinin dəyişdirilməsi;

c) Elektrik stansiyasının planlı və plandan kənar aktiv gücünün paralel işləyən enerjibloklar arasında səmərəli paylanması;

ç) Elektrik stansiyası şinlərində gərginliyin tezliyinin verilmiş dəqiqliklə (meyli 0,1Hs-dən artıq olmamalıdır) nominal səviyyədə saxlanması – tezliyin ikinci avtomatik tənzimlənməsi;

d) Qrafikə uyğun olaraq elektrik stansiyası şinlərində gərginliyin amplitudunun dəyişdirilməsi;

e) EES-nin iş rejimi ilə şərtlənən elektrik stansiyalarının reaktiv güclərinin dəyişdirilməsi və onun sinxron generatorlar arasında optimal paylanması;

ə) Enerjiblokların əks-qəza idarəetmə avtomatik qurğuları ilə (rele mühafizəsi və əks-qəza avtomatikası) qarşılıqlı əlaqəli təsir. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi bəzi texniki-iqtisadi və istehsalat-plan, həmçinin kommersiya funksiyalarını yerinə yetirir.

12.1.1. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin ümumi strukturu

Rəqəm hesablama texnikasının geniş tətbiqi üçün əlverişli olan avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin yaradılmasına XX əsrin 70-ci illərindən başlanılmışdır. Müasir dövrdə elektroenergetika komplekslərinin avtomatlaşdırılması üçün mikroprosessor vasitələri əsasında istilik və atom elektrik stansiyalarının TP AİS-i və SES AİS-in EES-in avtomatika quruluşlarının işinin tələb olunan etibarlılığını təmin edən yeni nəsil inteqrə olunmuş sistemləri yaradılır. TP AİS-in texniki realizasiyası üçün mikroprosessorlar əsasında komplekt avtomatik idarəetmə qurğusu sistemi (MAİS) işlənilmişdir. Elmi-Tədqiqat təşkilatları tərəfindən elektrik stansiyalarının TP AİS-nin qurulması və funksional strukturunun ümumi konsepsiyası razılaşdırılmış və qəbul olunmuşdur. Belə sistemlər inteqrə olunmuş ikisəviyyəli iyerarxiq paylanmış (elektrik stansiyası ərazisi üzrə) quruluşa malikdirlər: yuxarı səviyyə – ümumstansiya səviyyəsi, aşağı hissə – aqreqat hissəsidir, belə ki, ümumi informasiya təminatından istifadə edirlər: blok

hissəyə daxil olan enerji aqreqatlarından informasiyaların toplanması və ilkin emalı altsistemi və ümumstansiya hissəyə daxil olan fərdi kompüterlər vasitəsilə informasiyaların heyət üçün təsvir olunması altsistemi.

AİS-in yuxarı səviyyəsi aşağıdakı avtomatik qurğulardan təşkil olunan ümumstansiya səviyyəsində normal rejimin avtomatik idarəetmə altsistemindən ibarətdir:

* elektrik stansiyasının tezliyi və aktiv gücünün ümumstansiya tənzimlənməsi (*TAGÜT*);
* gərginlik və reaktiv gücün ümumstansiya tənzimlənməsi (*GRGÜT*);
* enerji aqreqatlarının vəziyyət dəyişmələrinin idarə olunması (*EAVİ*);
* əks-qəza idarəetməsi.

Aşağı səviyyə hidro- və turbogeneratorların aşağıdakı avtomatik idarəetmə qurğusu kompleksini təşkil edir: sinxron generatorun vəziyyətinin dəyişmə avtomatikası, avtomatik sinxronizator (*AS*), firlanma tezliyinin (*FTAT*), aktiv gücünün (*AGAT*) və təsirlənməsinin (*TAT*) avtomatik tənzimləyiciləri, transformasiya əmsalının avtomatik tənzimləyicisi (*TƏAT*).

AİS-in yaranması və tətbiqinə qədər elektrik stansiyaların vəziyyət dəyişmələrinin, tezliyi və aktiv yüklərinin, gərginliyi və reaktiv güclərinin idarə olunması ayrı – ayrı analoq avtomatik qurğuları ilə həyata keçirilirdi-işəburaxma avtomatikası, sinxron generatorların fırlanma tezliyinin və təsirlənməsinin qrup idarəetmə adlandırılan *TAGÜT* və *GRGÜT*-a müvafiq olan quruluşlar. Sadə variantda aktiv və reaktiv yüklərin paralel işləyən eyni tipli generatorlar arasında bərabər paylanması aqreqat səviyyəsində yerinə yetirilirdi. Onlardan elektrik stansiyası şinlərində tezlik və gərginliyin saxlanmasını təmin edən mərkəzi ümumstansiya avtomatik tənzimləyicili (*MATT* və *MAGT*) və generatorların texniki – iqtisadi göstəriciləri üzrə onlar arasında aktiv və reaktiv güclərin optimal paylanması elementli (*AGPQ* və *RGPQ*), qrup halında

idarə olunan avtomatik quruluşlar daha mükəmməl hesab olunurdular.

12.2. Elektrik stansiyaları avtomatik quruluşlarının və AİS–in yerinə yetirilməsi

12.2.1. Tezlik və aktiv gücün, gərginlik və reaktiv gücün qrup halında idarəetmə avtomatik quruluşları

Tezlik və aktiv gücün qrup idarəetmə və gərginlik və reaktiv gücün qrup idarəetmə avtomatik quruluşlarının funksional strukturları prinsipial olaraq eynidir. Fərq ondan ibarətdir ki, mərkəzi avtomatik tezlik tənzimləyicisi (*MATT*) – astatik *Mİ* – tənzimləyicisindən (Mİ – mütənasib-inteqral), mərkəzi avtomatik gərginlik tənzimləyicisi (*MAGT*) isə kiçik statizmə malik (k_{st}<0,01) statik MD – tənzimləyicisindən (MD – mütənasib-diferensial) ibarətdir. Aktiv gücün, xüsusilə İES-in paralel işləyən generatorları arasında paylanması enerjiblokların texniki – iqtisadi göstəriciləri üzrə (şərti yanacaq sərfinin nisbi artımı) aparılır. Analoq qurğular vasitəsilə reaktiv güc bir qayda olaraq, bərabər paylanır və yalnız hidrogeneratorun sinxron kompensator (*SK*) rejiminə keçirilməsi və ya generator rejiminə qaytarılması kimi məhdudiyyətlər nəzərə alınır. Ona görə də onların işinin aydınlaşdırılması üçün şək. 14.1-də nisbətən daha mürəkkəb olan istilik-elektrik stansiyasının P_{ES} aktiv gücünün və tezliyinin avtomatik tənzimlənmə sisteminin (*TGATS*) ümumi funksional sxemi verilmişdir. Bu qurğu ikinci tənzimləmə səviyyəsini həyata keçirir (ilkin tənzimlənməni *BT* buxar turbinindən, *G* generatorundan, *T* transformatorundan ibarət enerjiblokların *FTAT* tərəfindən aparılır).

Şək. 12.1. Tezlik və gücün qrup avtomatik idarəetmə qurğusunun sxemi

Avtomatik sistem tezliyin inteqral meyletməsi siqnalını formalaşdıran (tezliyin dəyişməsinin başlanma və qurtarma müddətləri ərzində orta qiymət $\Delta t = t_{son} - t_{bas}$) tezlik dəyişmələrinin inteqrallayici ölçü ceviricili ümumstansiya astatik tezlik tənzimləyicisindən - *MATT* ibarətdir:

$$\delta f = k_t \int_{t_b}^{t_s} \Delta f dt \tag{12.1}$$

Tezlik dəyişməsinin ölçü çeviricisi *AJ1* aktiv inteqratorunun Δf tezlik meylinə mütənasib $U_{\Delta f}$ sabit gərginliyi şəklində çıxış siqnalı olan gərginlik tezliyinin ölçü orqanına-*GTÖO* qoşulmuş inteqrallayıcı birləşmə vasitəsilə alınır.

(12.1) inteqral funksiyası məqsədəuyğundur, belə ki, keyfiyyətcə elektroenergetika sisteminin yüklərinin dəyişməsinə analojidir və EES AİS-dən verilmədikdə, elektrik stansiyasının $P_{təy}$ təyin edilmiş gücü siqnalının formalaşdırılması üçün istifadə oluna bilər.

GTÖO-nin çıxış siqnalı olan $U_{\Delta f}$ gərginliyi *MATT* mərkəzi tezlik tənzimləyicisinin rele təsirli GÇ gücləndirici – çeviricisinə, *AJ1* inteqratorunun çıxış siqnalı olan $U_{f,i}$ gərginliyi isə *AGPQ* aktiv gücün paylanması qurğusunun girişinə daxil olur. FƏƏ funksional mənfi əks əlaqə ilə əhatə olunmuş GÇ gücləndirici – çeviricisi və *AJ2* inteqratoru Mİ-tənzimləmə alqoritmi formalaşdırır və bununla tezliyin tənziminin astatik xarakteristikasını təmin edir.

Aktiv gücün paylanma qurğusu da astatik tənzimləyicidən ibarət olub, stansiyanın yekun həqiqi $\sum P_{g,i}$ gücü ilə müqayisə yolu ilə təyin olunmuş $P_{təy}$ və $U_{f,i}$ siqnalının dəyişməsinə nəzarət edir. İnformasiya siqnalları isə hər bir sinxron generatorda quraşdırılmış və onların birinci TV1-TVN ölçü gərginlik və TA1-TAN cərəyan transformatorlarına və AW cəmləyicisinə qoşulmuş ÖAGÇ1-ÖAGÇN ölçü aktiv güc çeviriciləri ilə formalaşdırılır. Lakin AGPQ-nin əsas funksiyası generatorların hər birinin təyin olunmuş gücləri haqqında $U_{P,təy,i}$ siqnallarının formalaşdırılmasından ibarətdir. Onlar enerjiaqreqatların şərti yanacaq sərfinin nisbi artım xarakteristikaları üzrə φ_i çevirmə funksiyalı funksional çeviricilər vasitəsilə formalaşdırılır. Onların cəmi elektrik stansiyasının təyin olunmuş gücünə bərabərdir.

Sinxron generatorun təyin olunmuş gücü üzrə $U_{P_{təy,i}}$, həqiqi aktiv yükü üzrə $U_{P_{g,i}}$ və tezliyin meyli üzrə $U_{\Delta f}$ siqnalları AWH_i cəmləyici-çıxıcıları və *ÇQ* vasitəsilə turbinin *FTAT*-ın verici elementlərinin girişinə daxil olur: *TİM* – buxar turbininin idarəetmə

mexanizmi, *GDM* – gücün dəyişilmə mexanizmi, hidroturbinin *TTM* – tezlik tənzimləyici mexanizmi.

Elektrik stansiyasının TGATS avtomatik sistemi tezlik və gücün tənzimlənməsinin xəyali – statik adlandırılan alqoritmini reallaşdırır:

$$k_f \Delta f + k_{g,i}(P_{g,i} - P_{tяу,i}) = 0$$

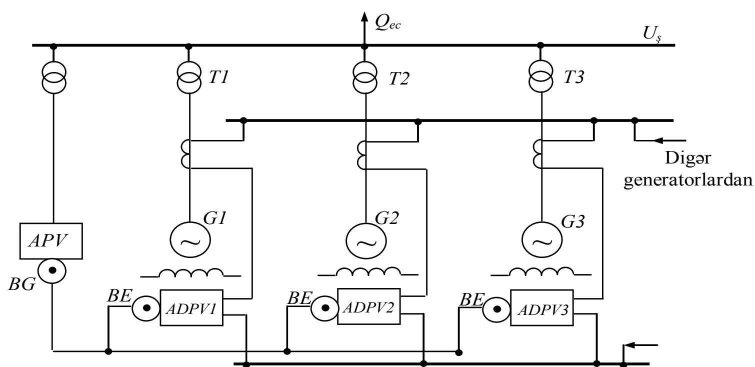
və ya (12.2)

$$k_f \Delta f + k_{g,i}\left(P_{g,i} - \varphi_i \int_{t_b}^{t_s} \Delta f dt \right) = 0$$

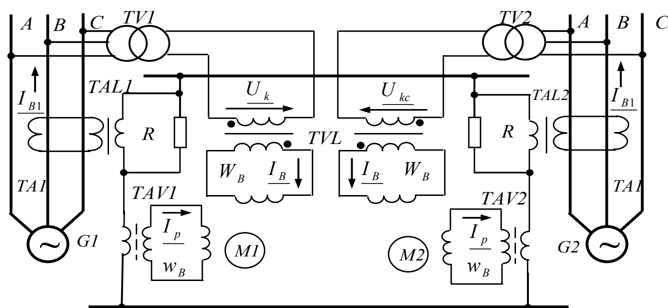
(12.2)-yə uyğun olaraq turbinə təsir edən keçid prosesi Δf tezliyin meyli qurtaranadək və generatorun həqiqi yükü təyin olunmuş gücə bərabər olanadək müddətdə davam edir.

Gərginlik və reaktiv gücün ən müasir ikinci avtomatik tənzimlənmə sistemi bir qayda olaraq, sinxron generatorların reaktiv güclərini bərabərləşdirən və həm də onların generatorların aktiv güclə yüklənmələrini, onların iş rejimlərini və digər şərtləri (məhdudiyyətləri) nəzərə almaqla, paylanmalarının da nəzərə alınmasını təmin edən ümumstansiya astatik Mİ – gərginlik tənzimləyicisindən (şək. 12.2) və astatik GTEQ quruluşlarından ibarətdir. GMAT və GTEQ təsirlərinin icrasının opjinal texniki həlləri daha mürəkkəb elementlərdən – sinxron generatorların reaktiv güc ölçü çeviricilərindən imtina etməyə imkan yaratmışdır.

APV mərkəzi gərginlik tənzimləyicisinin astatikliyinə (şək. 12.2) inteqrallayıcı element kimi *BG* ötürücü selsindən ibarət elektrik mühərrikindən istifadə ertməklə nail olunur. *BG* ötürücü selsini generatorların GT TAT-ın *ADV1 – ADV3* verici elementlərinin *BE* qəbuledici selsini ilə birlikdə idarəedici təsir siqnallarını *ARV*–dən tənzimləyicilərin qoyuluş qiymətlərini dəyişən elementlərə ötürülməsi üçün sinxron valı təşkil edir.



a)



b)

Şək. 12.2. GT TAT ilə təchiz olunmuş sinxron generatorların təsirlənməsinin astatik qrup idarəetməsi

a – funksional sxem;

b – reaktiv yüklərin bərabərləşdirmə sxemi

GMAT-ın gərginlik ölçü orqanı GT TAT-ın ölçü orqanı sxemi üzrə yerinə yetirilmişdir və gərginliyin tapşırıq qrafiki qurğusunun proqram informasiyalarına uyğun olaraq stansiya şinlərində gərginliyin verilmiş qiymətini dəyişməyə imkan verir. Dəyişən cərəyan çıxışlı öz–özünə doyan üçfazalı reversiv maqnit gücləndiricisi (DMG) gərginlik ölçü orqanının çıxışındakı $\pm U_{\Delta U}$ sabit cərəyan gərginliyini $U_{\Delta U}$ gərginliyinin işarəsi dəyişdikdə fazası π bucağı qədər dəyişən üçfazalı gərginlik sisteminə çevirir. BG diferensial selsini $U_{\Delta U}$ gərginliyi sıfıra qədər azalanadək, başqa sözlə təyin olunmuş qiymətdən meyl etdikdən sonra gərginlik tam bərpa olunmayanadək bu və ya digər tərəfə fırlanır.

Gərginliyin bərpa olunması *BE* qəbuledici selsinlərinin fırlanması zamanı qoyuluş qiymətlərini dəyişən *ADV1 – ADV3* tənzimləyiciləri vasitəsilə sinxron generatorların təsirlənməsinin dəyişilməsi yolu ilə təmin olunur.

Reaktiv yüklərin bərabərləşdirilməsi qurğusunun sxemi (şək. 12.2,b) generatorların B fazalarının TAL cərəyan ölçü transformatorlarının R yük rezistorlarından və M1, M2 ikifazalı elektrik mühərriklərinin ω_i idarə dolaqları ilə yüklənmiş *TAV* transreaktorlarından ibarət çoxşüalı ulduz sxemlərindən təşkil olunur. Elektrik mühərriklərinin ω_t təsirlənmə dolağı *TVL* ölçü gərginlik transformatorları vasitəsilə həm də generatorların U_{bc} gərginliyinə qoşulmuşdir.

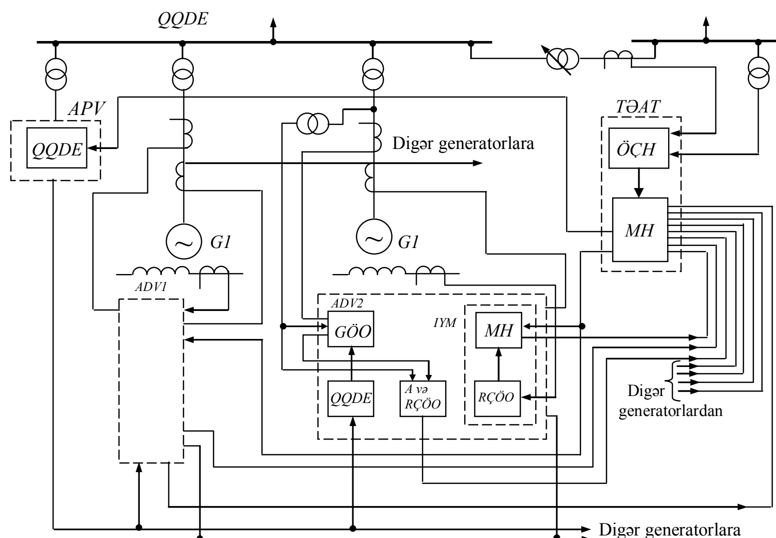
İkifazalı elektrik mühərrikinin fırladıcı momenti təsirlənmə və idarə dolaqlarının cərəyanları arasındakı faza sürüşmə bucağının sinusuna mütənasibdir. Ona görə də idarə dövrəsinin

$\underline{I}_{id}$ cərəyanının fazaca *TAV*–ın yaratdığı $\underline{I}_{b}$ cərəyanını $\frac{\pi}{6}$ bucağı qədər əlavə qabaqlamasını nəzərə almaqla, cərəyan və gərginliyin göstərilən nisbəti elektrik mühərrikinin fırladıcı momentinin reaktiv gücə mütənasibliyini təmin edir. Təmiz reaktiv yük halında dolaqlardakı $\underline{I}_{id}$ və $\underline{I}_{b}$ cərəyanları fazaca $\frac{\pi}{6}$ bucağı qədər sürüşmüşdür, fırladıcı moment isə maksimaldır. Generatorun təmiz aktiv yükü halında cərəyanlar fazaca üst – üstə düşür, fırladıcı moment isə sıfıra bərabərdir. Coxşüalı ulduz sxeminin budaqlarındakı cərəyanların reaktiv mürəkkəbələri sıfıra düşənədək, elektrik mühərriki bu və ya digər istiqamətdə fırlanacaq. Generatorun reaktiv cərəyanı dəyişir, belə ki, *ADV1* və *ADV3* qoyuluş qiymətini dəyişən qurğunun dönən transformatoruna təsir edir.

Qurğu GMAT və GTEQ-dan, generatorun reaktiv cərəyanla ifrat yüklənməsi məhdudlaşdırıcısından və generatorun reaktiv güc tələbatı rejimində rotor cərəyanının ölçü orqanından (minimal təsirlənmə məhdudlaşdırıcısı) daxil olan təsirləri əlaqələndirən məntiqi hissədən ibarətdir.

Şək. 12.3-də bir neçə gərginlik şininə malik elektrik stansiyasının gərginliyi və reaktiv gücünün kompleks avtomatik idarəetmə sisteminin quruluşu və iş prinsipi təsvir olunmuşdur.

Sistem sinxron generatorların reaktiv güclərinin qrup idarəetmə qurğusundan (şək. 12.2,b) və şinlərarası transformatorların və ya enerjisistemlə əlaqə transformatorlarının transformasiya əmsallarının avtomatik tənzimləyicilərindən ibarətdir.



Şək. 12.3. Elektrik stansiyasının gərginliyi və reaktiv gücünün kompleks avtomatik idarəetmə sisteminin funksional sxemi

Qrup idarəetməsi güclü təsirli generatorların təsirlənməsinin *ADV1 – ADV3* fərdi tənzimləyicilərinin istifadəsini nəzərdə tutur. Transformasiya əmsalının *TƏAT* tənzimləyicisi transformatorun ölçü hissəsinin və YAT-nın avtomatik diaqnostikasını təmin edir, generatorların təsirlənməsinin qrup tənzimlənməsi və transformatorların transformasiya əmsallarının tənzimlənməsinin avtomatik sistemlərinin uzlaşdırılmış işinin təmin olunmasının zəruriliyi ilə şərtlənən xüsusiyyətlərə malikdir.

TƏAT tənzimləyicisi *MH* məntiqi hissə vasitəsilə sinxron generatorların *APV* mərkəzi gərginlik tənzimləyicisinin gərginliyin qoyuluş qiymətinin dəyişilmə elementi və təsirlənmənin *ADV* tənzimləyiciləri ilə, daha konkret: rotor cərəyanının ölçü orqanı *RCÖO* və tənzimləyicinin *MH* -nin müvafiq elementlərindən (şək. 12.3-də *ADV2*) ibarət *İYM* ifrat yüklənmə məhdudlaşdırı-

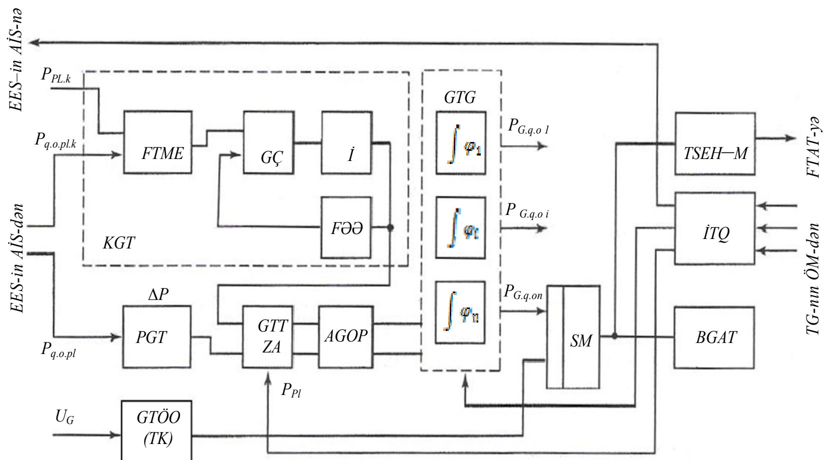
cıları ilə, həmçinin reaktiv güc tələbatı rejimində generatorun minimal təsirlənməsinin məhdudlaşdırılması üçün nəzərdə tutulmuş *RCÖO* reaktiv cərəyanın ölçü orqanı ilə əlaqədardır.

Kompleks avtomatik sistemdə *TƏAT* prioritet təsirə malikdir. *TƏAT* siqnalı üzrə transformatorun dolağının budaqlanmalarının hər cevrilməsindən sonra generatorların reaktiv güclərinin dəyişməz saxlanmaları məqsədilə, təsirlənmə tənzimləyicilərinin qoyuluş gərginliklərinin qiymətləri də dəyişdirilir. İfrat yüklənmə *TƏAT*-ın təsiri nəticəsinə baş verərsə, onun *ADV2* tənzimləyicisinin *İYM*-a təsiri generatorun reaktiv cərəyana görə yüksüzləşdirilməsinin dözmə müddətini çıxarır. *İYM*-in və minimal təsirlənmə məhdudlaşdırıcısının (reaktiv cərəyanın ölçü orqanları *RCÖO*) *TƏAT*-a təsiri onun işləməsinə qadağa qoyur və hətta bütün generatorların reaktiv güc hasilatı üzrə tam yük rejimində və ya maksimal reaktiv güc tələbatı rejimində əks tərəfə (revers) işləməsini şərtləndirir (minimal təsirlənmənin məhdudlaşdırılması). *TƏAT*-ın reversindən sonra sinxron generatorların yuxarıda qeyd edilən rejimlərindən birinin saxlanması üçün *ADV*-nin qoyuluş gərginliyinin dəyişməsinə qadağa qoyulur.

12.3. İES AİS və EES AİS-in funksional hissələrinin proqram realizasiyası

12.3.1. Tezlik və gücün ümumstansiya tənzimlənməsinin proqram hissəsi

Tezliyin və aktiv gücün mikroprosessorlu avtomatik optimal tənzimləmə sistemi *TAGOTS* (şək. 12.4) [31] istilik elektrik stansiyasının TP AİS-nin əsas hissəsidir. O, informasiyaların toplanması qurğusu (*İTQ*) vasitəsilə EES AİS-dən və turbogeneratorların ölçü çeviricilərindən (TGÖÇ) daxil olan məlumatlara uyğun olaraq işləyir (şək. 12.4).



Şək. 12.4. İstilik elektrik stansiyasının gücünün mikroprosessorlu avtomatik idarəetmə sisteminin funksional sxemi

Enerjisistem və blokdaxili tələb və şərtlər müxtəlif olduğu üçün bu qurğu kifayət dərəcədə mürəkkəbdir. Enerjisistemin optimal rejiminin və dayanıqlılığının saxlanması üçün ətalətli istilik enerji bloklarının yol verilən və realizə olunan güclərinin dəyişmə sürəti məhdud olduğundan İES-in verdiyi güc üzrə tapşırığın sürəti və dəqiqliyi olduqca əhəmiyyətlidir. Buna görə də avtomatik idarəetmə sistemi güc tapşırığı tempini (*GTT*) və onun təkansız qoşulması və açılmasını məhdudlaşdıran spesifik elementlərə malikdir. Yalnız mikroprosessorlu təminat ümumsistem və blokdaxili ziddiyyətləri qənaətbəxş formada həll etməyə imkan yaratmış və analoqlu realizasiya ilə müqayisədə avtomatik idarəetmə sisteminə yeni xüsusiyyət vermişdir.

TP AİS-in yerinə yetirdiyi məsələlərə uyğun olaraq, istilik elektrik stansiyasının tezlik və gücünün ümumstansiya avtomatik idarəetmə (tənzimləmə) sistemi proqram olaraq aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir (şək. 12.4): yük tapşırığı – gücün planlı *PGT*

və plandan kənar *KGT* tapşırıqları; gücün dəyişməsinə verilən tapşırıq tempinin TTM və təkansız qoşulma və açılmanın məhdudlaşdırılması (təkansız əməliyyat – TƏ); texniki- iqtisadi göstəricilər üzrə aktiv gücün *AGOP* və tapşırıq güclərinin $P_{G,təy,i}$ optimal paylanması; $\Delta f > \left|\pm 0{,}1\right| Hs$ qeyri-həssas zonalı gərginliyin tezliyinin ölçü orqanı *GTÖO* (tezlik korrektoru *TK*). Onların siqnallarının *SM* çıxış cəmləyicisi turboaqreqatın *TSEH – M* mikroprosessorlu qurğusuna və buxar generatorunun analoq tənzimləyicisinə *BGAT* təsir edir.

Planda nəzərdə tutulan təyin olunmuş $P_{p,\ təy}$ yükü EES AİS-in ümunenerjisistem operativ informasiya – idarəedici kompleksində hesablanır, toplama sistemi və informasiya verilişi *İTÖS* əlaqə kanalları üzrə turbogeneratorların vəziyyətləri (onların işə salınması və dayandırılması) və yük qrafiklərinin saatlıq nöqtələri şəklində vaxtından qabaq İES-ə ötürülür. Plandankənar $P_{pk,təy}$ təyin olunmuş gücün idarə olunması və əks-qəza idarəetməsi ilə əlaqədar məsələlər ümumi enerjisistem səviyyəsində idarəedici hesablama kompleksi vasitəsilə real zamanda həll edilir. Enerjiblokların texniki – iqtisadi göstəricilər üzrə TP AİS-in ümumstansiya hissəsinin mikroprosessorları tərəfindən planlı güc tapşırığı hesabatları saatlıq yük qrafikinə uyğun olaraq, plandankənar təyin olunmuş gücün hesabatı isə real zamanda (dövrü olaraq hər 0,2 san) aparılır.

Elektrik stansiyaların planli və plandankənar tapşırıq gücləri (*PTG* və *KTG*) və generatorların $P_{G,təy,i}$ tapşırıq gücləri (*GTG*) (şək. 12.4) qapalı izləyici avtomatik tənzimləmə sxemləri üzrə yerinə yetirilir. Ona görə də enerjiblokun plandankənar tapşırıq yükü proqram funksiyasını plandankənar güc tənzimləyicisi də adlandırırlar. Onlar avtomatik tənzimlənmənin inteqral alqoritmi üzrə işləyirlər və məsələn, *KTG*, fasiləsiz təsirli müqayisə elementi *FTME*, aperiodik bəndin ötürmə funksiyasına malik funksional mənfi əks əlaqə ilə *FƏƏ* əhatə olunmuş rele gücləndirici – çeviricisi *GÇ* və *İ* inteqratorundan ibarət proqram mövqeli astatik tən-

zimləyicilər kimi realizə olunur. Onların texniki realizasiyası mikroprosessorlu hesablama vasitəsi ilə, başqa sözlə astatik izləyici tənzimləyicinin rəqəmsal modeli formasında müvafiq proqram idarəetməyə malik rəqəmsal qurğudan ibarətdir.

Gücün optimal paylanması proqramı enerjiblokların texniki – iqtisadi göstəriciləri və texnoloji məhdudiyyətlər üzrə onların güclərinin dəyişməsini göstərən φ_i funksiyalarının hesablanmasını təmin edir və texnoloji yol verilən tənzimləmə diapazonlarını nəzərə almaqla, ayrı-ayrı enerjiblokların və ya onların qruplarının yüklənməsi prioritetini təyin edir. Onların ədədi inteqrallanması yolu ilə (şərti olaraq şək. 12.4-də inteqral işarəsi ilə göstərilmişdir) enerjiblokların $P_{G,təy,i}$ təyin olunmuş gücləri tapılır.

Tapşırıq tempi məhdudlaşdırıcıları da ($P_{p,təy}$ və $P_{pk,təy}$) güc kanallarında onların sayı ikidir) inteqratorlu astatik tənzimləyicilərin rəqəmsal modelindən ibarət olub, EES AİS-dən daxil olan tapşırıq güclərinin dəyişmə sürətlərinin və ya informasiyanın qeyri-dürüstlüyü və ya *TSEH – M* qurğusunun nasazlığı səbəbindən qoşulma və açılma hallarında enerjiblokların yüklərinin dəyişmə sürətlərinin texnoloji şərtləri üzrə buraxılabilən zaman sabitinin qiyməti müəyyən edilir. Proqram vasitəsilə həm də qeyri – həssas zonalı gərginliyin tezliyinin ölçü orqanı *GTÖO* realizə edilir.

Şək. 12.5-də göstərilmiş İES-in plandankənar təyin olunmuş $P_{pk,təy}$ gücünün turboaqreqatlar arasında paylanması proqramı ($P_{təy,i}$ -in təyini) bəzi altproqramlardan, başqa sözlə proqram modullarından ibarətdir. Elektrik stansiyaların təyin olunmuş $P_{pk,təy}$ və həqiqi P_{pk} güclərinin müqayisə modulu onun zəruri $\Delta P = P_{pk.təy} - P_{pk}$ artımını müəyyən edir. $|\Delta P| > 0$ şərti və generatorların yüklənməsinə keçid şərti $\Delta P > \Delta P_{min}$ və ya onların yüksüzləşdirilməsi şərti $-\Delta P < -\Delta P_{min}$ şərti yoxlanılır, burada $|\Delta P|$- hesablama hissəsinin gücün dəyişməsinə həssaslığıdır. Birinci iki keçid şərti yerinə yetirilən zaman MİN yükləmə modulu elə enerjibloku

təyin edir ki, onun texniki – iqtisadi göstəriciləri və texnoloji şərtləri üzrə turbogeneratorun əlavə güclə yüklənməsi başlanmalıdır. Onun yükünün artırılması üçün tənzimləmə diapozonunun kifayətliliyi yoxlanılır. İkinci keçid şərti yerinə yetirilən zaman MAX yüksüzləşdirmə modulu elə enerjibloku seçir ki, həmin blokdan başlayaraq turbogeneratorların güclərinin aşağı salınması yerinə yetirilir və onun yükünün azaldılmasının texnoloji məhdudiyyətlərinin olmaması yoxlanılır.

MİN və MAX altproqramları üzrə dövrü olaraq İES-in bütün enerjibloklarının vəziyyətləri təhlil olunur. Analizin nəticələrindən mümkün olanlarından biri təyin olunur: uyğun olaraq yüklənməyə və ya yüksüzləşdirilməyə proiritetli minimal indeksli bir enerjiblok tapılmışdır; eyni prioritetli bir neçə turbogenerator tapılmışdır; bütün enerjibloklarda tənzimləyici diapozonların olmaması əlaməti alınmışdır. Birinci iki nəticə gücün dəyişilməsinə, başqa sözlə secilmiş enerjiblokun (enerjiblokların) yuklənməsinə (yüksüzləşdirilməsinə) icazə verən proqram modulları tərəfindən istifadə olunur.

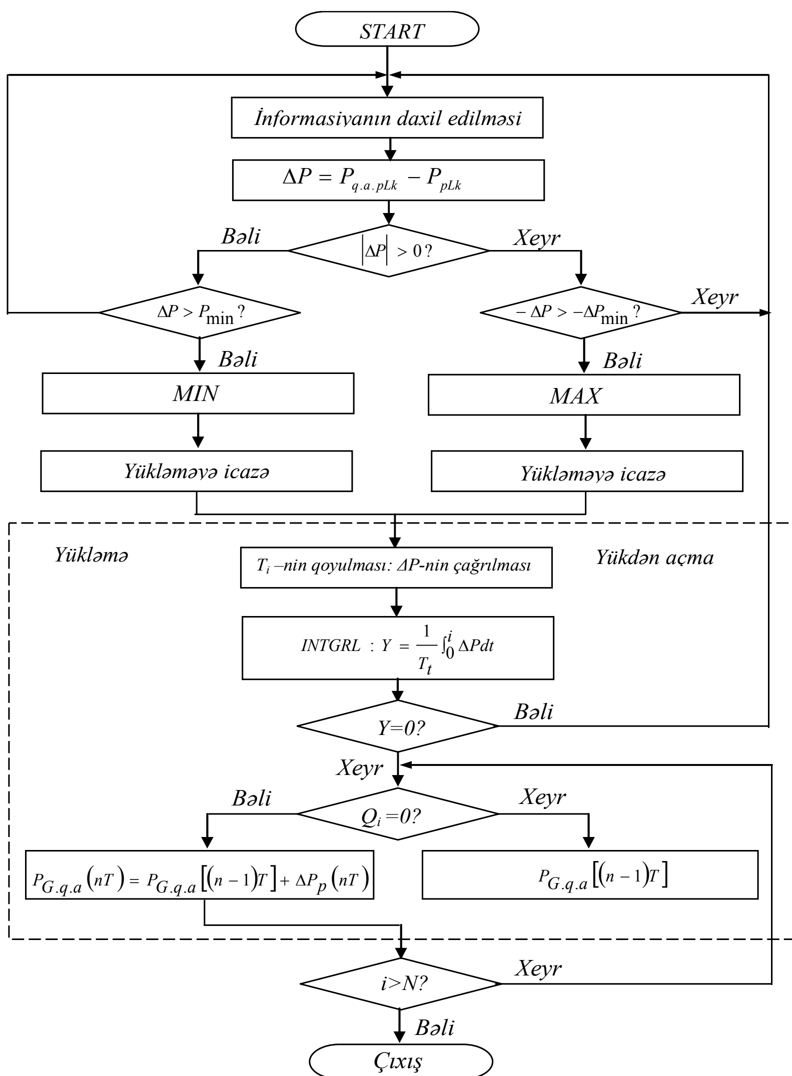
YÜKLƏMƏ-YÜKSÜZLƏŞDİRMƏ proqram modulunda secilmiş turboaqreqatların güclərinin eyni zamanda və ya növbəli artırılması (azaldılması) üçün idarəedici təsirlərin hesabatı aparılır. Hesabat üçün, xüsusilə ΔP -nın və inteqrallama zaman sabitinin T_i hesablanması üçün verilənlər hazırlanır. İNTGRL altproqramı $Y = (1/T_i)\int_0^{T_i} \Delta P dt$ inteqrallama əməliyyatını yerinə yetirir və təyin olunmuş gücün aşağıdakı astatik dəyişmələrini modelləşdirir.

Əgər inteqrallama nəticəsi sıfırdan fərqli olarsa, $Q_i = 0$, $i -$ci turbogeneratorun yükünün dəyişmə mümkünlüyü şərti yoxlanılır. $Q_i = 1$ şərti ilə İES-in güc artımının örtülməsində turbogeneratorun iştirakı qadağan olunur, onun əvvəlki $P_{G,təy}$ $[(n-1)T]$

yükü saxlanılır. Onun dəyişilməsinə yol verildikdə, generatorun $P_{G,təy}$ *(nT)* təyin olunmuş gücü ΔP_G qədər artırılır. Bu artım isə $i-$ci turbogeneratorun İES-in yük dəyişmələrinin örtülməsində iştirak payı funksiyası φ_i ilə təyin olunur və ya enerjiblokun minimal və ya maksimal buraxılabilən gücünün mümkün dinamik dəyişmə diapazonu ilə məhdudlaşır. Əgər turbogeneratorun i sıra nömrəsi onların N sayından çox deyilsə, onda $i > N$ şərtinin inkarı ilə təyin olunan keçid üzrə növbəti $i+1-$ci turbogeneratorun yükünün dəyişməsini təyin edən dövr yerinə yetirilir

Planda nəzərdə tutulan gücün idarə olunması zamanı *AGOP*-un yerinə yetirdiyi funksiya əsasən aşağıdakılardan ibarət olur:

- elektrik stansiyasının yük qrafikinin proqnozlaşdırılan hissəsinin aralıq (EES AİS-in verdiyi saatlıq nöqtələr arasındakı) nöqtələrinin formalaşdırılması;
- enerjibloklarının texniki-iqtisadi göstəricilərinin analizi və tənzimləyici diapazonlarını nəzərə almaqla, onların təyin olunmuş planlı güclərinin, turbogeneratorların yüklərinin yol verilən dəyişmə sürətlərinin, müxtəlif gərginlikli şinlər arasındakı əlaqə transformatorlarının buraxılabilən ifrat yüklənmələrinin və turbinlərin güclərinin dəyişməsinin texnoloji məhdudiyyətlərinin hesabatları;
- optimal iqtisadi və rasional texniki paylanma nəticəsində İES yük qrafiki üzrə təyin olunmuş planlı gücün təmin olunması;
- yerinə yetirilən yük qrafikləri haqqında informasiya siqnallarının formalaşdırılması.



Şək. 12.5. İES-in gücünün turboaqreqatlar arasında paylanması proqramının sadələşdirilmiş struktur sxemi

Göstərilən funksiyalardan sonuncusu ümumstansiya mikroprosessorlu avtomatik idarəetmə sistemində funksional informasiya hissəsi olan İES–in iş rejimləri haqqında turbogeneratorların informasiya mənbələrindən daxil olan və EES AİS -ə ötürülən, enerjiblokların rejimlərinə dair mikroprosessorlu sistemin müvafiq elementlərinə, xüsusilə GTG və TTM-ə daxil olan məlumatların toplanması qurğusu *İTQ* (şək. 12.4) tərəfindən yerinə yetirilir. Qeyd edilən qurğu avtomatik sistemin diaqnostikası zamanı testləşməni yerinə yetirir və kompüterin monitoruna çıxarmaqla, enerjiblokların pejim parametrləri, avtomatik idarəetmə sistemindəki nasazlıqlar və ya onun çıxış informasiyalarının qeyridürüstlüyü haqqında İES heyətini məlumatlandırır.

TP AİS-in *AH* aqreqat hissəsi turbogeneratorun vəziyyətinin dəyişmə avtomatikasından, mikroprosessorlu avtomatik sinxronizatordan, tezlik və gücün avtomatik tənzimləmə sisteminin elektrik hissəsindən *TSEH–M*, sinxron generatorun təsirlənməsinin avtomatik tənzimlənməsindən, transformatorun *TƏAT*–dan, *BGAT* və enerjiblokların texnoloji avadanlıqlarının idarə avtomatikalarından təşkil olunur.

12.4. Elektroenergetika sisteminin tezlik və aktiv gücünün rəqəmsal avtomatik idarəetmə sistemi

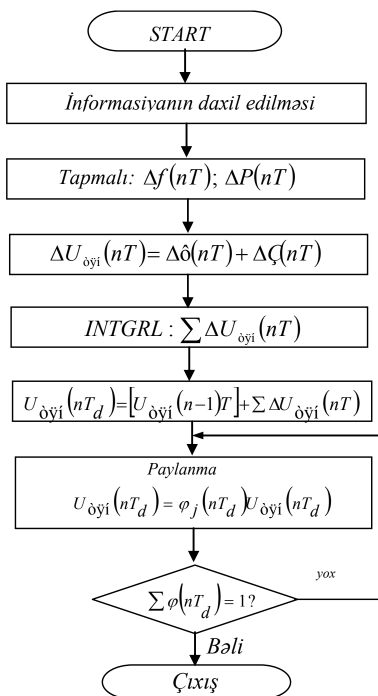
Analoq qurğuda olduğu kimi, rəqəmsal TGRAT–da $j-$cu elektrik stansiyasına tənzimləyici təsir aşağıdakı inteqral münasibət əsasında formalaşır:

$$U_{t,j} \cong \int_{t_b}^{t_s} \left(k_{f,j} \Delta f + k_{P,j} \int_{t_b}^{t_s} \Delta P \right) dt \qquad (12.3)$$

burada, $\Delta f, \Delta P-$ uyğun olaraq, tezliyin və güc axınının nominaldan və təyin olunmuş qiymətlərdən meyl etmələri;

$k_{f,j}, k_{P,j}$ – tezliyin bərpası və statik dayanıqlıq şərtinə görə buraxılabilən güc axını üçün zəruri olan güc dəyişmələrinin örtülməsində j – cu elektrik stansiyasının iştirak payı əmsalıdır.

Tezliyin və gücün rəqəmsal avtomatik tənzimləmə sistemində (TGRAT) tənzimləmə zaman üzrə diskret olaraq $T_d = t_s - t_i = 1san$ dövrülüyü ilə həyata keçirilir. (12.3) inteqralı bu halda təbii olaraq ardıcıl cəmlər ilə əvəz olunur. Bu halda iki növ hesabat yerinə yetirilir: T diskretləşmə intervalı ərzində $\Delta f(T), \Delta P(T)$ artımlarının hesabatı və T_d tənzimləmə dövrü müddətində toplanmış cəmlərin hesabatı. n dövrü ərzində hesablanmış $U(nT)$ təsirləri tənzimləyici elektrik stansiyaları arasında paylanır.

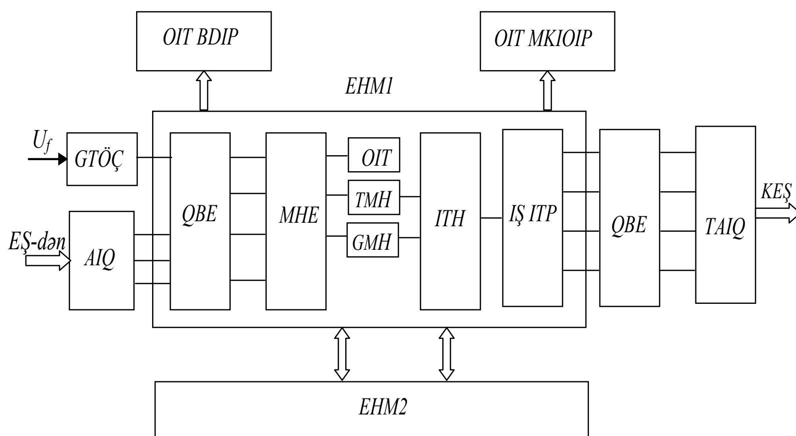


Şək. 12.6. EES-nin güc dəyişmələrinin tezlik tənzimləyici elektrik stansiyaları arasında paylanması proqramının ümumi struktur sxemi

Bütünlüklə TGRAT struktur sxemi sadələşdirilmiş şəkildə şək. 12.6-da göstərilmiş alqoritm üzrə işləyir.

Əsas alqoritm aşağıdakıları nəzərə alan əlavə əməliyyatlarla tamamlanır:

- $\varphi_j(nT)$ iştirak payı əmsallarının zaman funksiyaları və ya rejim parametrləri ilə əvəz olunması mümkünlüyü;
- elektrik stansiyasının gücünün dəyişilmə sürəti və tənzimləmə diapazonu üzrə məhdudlaşmalar;
- elektrik stansiyasının tənzimləmədə iştirakını müəyyən edən əmsalların və ya müvafiq $\varphi_j(nT)$ funksiyalarının qiymətlərinin cəminin vahidə bərabərliyi;
- elektrik stansiyasına tənzimləyici təsirin dispetçer tərəfindən əl ilə düzəlişlərin mümkünlüyü və s.



Şək. 12.7. EES-in tezliyi və gücünün rəqəmsal mərkəzləşdirilmiş idarəetmə sisteminin funksional sxemi

TGRAT–nın işinin etibarlılığına yüksək tələblərin qoyulması onun iki komplekt qarşılıqlı nəzarət olunan və ehtiyatlandırılan *PC* rəqəmsal kompüterlərlə (*PC1* və *PC2*) həyata keçirilmə-

sini şərtləndirmişdir (şək. 12.7). Kompüterlərin resurslarının daha tam istifadə olunması üçün qeyri- simmetrik riyazi təminat qəbul edilmişdir: PC1 aparıcı, PC2 isə onu ehtiyatlandıran kompüter.

Birinci kompüter avtomatik informasiya qurğusundan *AİQ* daxil olan məlumatların hesablama emalını *MHE* aparır və avtomatik idarəetmə üzrə olan bütün hesabatları yerinə yetirir (tezliyin *TMH* və gücün *GMH* inteqral meylinin hesablanması proqramı, idarəedici təsirlərin *İTH* və onların elektrik stansiyaları üzrə paylanmasının ES^t *İTP* hesabat proqramları).

İkinci kompüter birincinin hesabatlarını təkrar edir, köməkçi əməliyyatları yerinə yetirir, operativ informasiyanın təsvir olunması *OİT* üçün nəticələri hesablama kompleksini idarə edən *HKİ* operatorun idarə pultuna *OİP* və baş dispetçerin idarə pultuna *BDİP* çıxarır. Yalnız hər iki saz kompüterin çıxışlarındakı nəticələr uyğun olduqda onların icrasına icazə verilir. Kompüterlərin qarşılıqlı nəzarəti onların işləmə qabiliyyətini təsdiqləyən siqnalların periodik mübadiləsini həyata keçirməklə təmin olunur. Bir kompüterin imtinası baş verərsə, onun funksiyasını digəri yerinə yetirir – avtomatik sistem birmaşınlı rejimə keçir, imtinanı, dayanmanı və ya səhv işləməni müəyyən edən və elektrik stansiyasına idarəedici təsirlərin ötürülməsini qadağan edən xüsusi nəzarət təşkil edilir.

TGRAT–ın yuxarı səviyyəsinin çevirici – ölçü hissəsi gərginliyin tezliyinin ölçü çeviricisindən *GTÖÇ*, kvars rezonatoru ilə stabilləşdirilmiş xüsusi olaraq işlənmiş nominal sənaye tezlikli generatordan (sxemdə göstərilməyib), avtomatik informasiya qurğusunun *AİQ* qəbuledici hissəsindən ibarətdir. *AİQ*-nin qəbuledici hissəsi elektrik stansiyalarının və sistemtəşkiledici elektrik veriliş xətlərinin iş rejimləri, onların texniki – iqtisadi göstəriciləri, güc axınları və idarəedici təsirlərin icrası haqqında informasiyaların TGRAT-a ötürülməsi funksiyasını yerinə yetirir. Bu qurğu hesablayıcı hissəli və onların qalvanik bölünməsi *QBE* girişli *AİQ* çıxışlarının uzlaşdırıcı elementlərindən ibarətdir.

İcra hissəsi teleavtomatik idarəedici qurğudan *TAİQ,* hesablayıcı hissəsi olan qalvanik bölünmə elementlərindən *QBE* ibarət olub, informasiyaları EES AİS-in *NKİ*-nə və idarəedici təsirləri tezlik tənzimləyici elektrik stansiyasına ötürülməsini yerinə yetirir. İcra hissəsinə həm də informasiyaların təsviri və qeydiyyatı kompleksi, başlıca olaraq *NKİ* operatorunun və baş dispetçerin idarə pultlarında qoyulmuş monitorlar daxildir.

Mərkəzləşdirilmiş rəqəmsal *TGAT* müasir hesablama texnikaları əsasında həyata keçirilən çoxpilləli iyerarxiq EES AİS-in əsas hissəsidir.

12.5. İstilik elektrik stansiyaların elektrik hissəsinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin texniki realizasiyası

İstilik elektrik stansiyaların elektrik hissəsinin elektroenergetik obyektlərinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin (İES EH AİS) texniki hissəsi informasiya təminatı sistemlərindən – nəzarət (məlumatların toplanması) və avtomatlaşdırılmış dispetçer idarəetmə sistemindən (SCADA) ibarətdir. Müxtəlif elmi – tədqiqat və layihə institutları tərəfindən bu sistemlərin çoxsaylı variantları hazırlanmışdır. Bəzi şirkətlər firmalarının buraxdığı MicroSCADA sisteminə, bəziləri bu firma ilə birgə işlənilmiş SCADA – NİİPT sisteminə üstünlük verir.

Bu sistemlər “...paylanmış avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin qurulması üçün güclü alət vasitəsidir....” [29,30], Windows NT əməliyyat sisteminin idarəsi altında işləyirlər, müxtəlif funksiyaların paralel yerinə yetirilməsini və müxtəlif avtomatlaşdırılmış iş yerlərində (AİY) olan bir neçə operatorun eyni zamanda işləməsini təmin edirlər.

MicroSCADA və SCADA – NİİPT-nin alqoritmik proqramlaşdırma dili ilə təmin edilmiş proqram sistemləri aşağıdakılardan istifadə etməklə işləyirlər:

- texnoloji proseslərə dair informasiyaları alan və verilənlər bazasını yaradan *serverlər* – böyuk hesablamalar üçün xüsusiləşdirilmiş baza (əsas və ehtiyat) kompüterləri;
- *funksional* kontrollerlər;
- AİY–də quraşdırılmış fərdi kompüterlər (PC);
- əsas və ehtiyat *əlaqə prosessorları*;
- informasiya toplayıcısı olan lokal hesablayıcı şəbəkə;
- səyyar (sənaye) şəbəkə;
- elektrik stansiyasının elektroenergetika avadanlıqlarının rejim parametrlərini informasiya siqnallarına çevirən ölçü çeviriciləri;
- elektrik stansiyaların mikroprosessorlu pele mühafizəsi və avtomatika qurğuları (terminallar).

Realizə olnmuş avtomatlaşdırılmış idaəetmə sistemi üçpilləli struktura malikdir: onun aşağı (aqreqat) və yuxarı (ümumstansiya) səviyyələri arasında orta səviyyə fərqlənir. Bu, informasiyaların mərkəzləşdirilmiş emalını, onun saxlanmasını və təlabat üzrə yuxarı səviyyə AİY operatoruna verilməsini yerinə yetirən serverdən ibarətdir.

Server informasiyanın qorunub saxlanmasının iki rejimini realizə edir:

- elektrik stansiyaların elektrotexniki avadanlıqlarının cari vəziyyəti haqqında verilənlərin OYQ–da saxlandiği dinamik rejim;
- elektrik stansiyasının işi haqqında emal olunmuş məlumatların yazıldığı uzunmüddətli (3 aydan az olmayaraq) arxiv.

TP AİS-in yuxarı səviyyəsi informasiyanın təsvirini və elektrotexniki avadanlıqların idarə olunmasını təmin edən lokal hesablayıcı şəbəkə və avtomatlaşdırılmış iş yerləri ilə realizə olunur.

Aşağı səviyyə rele mühafizəsi və avtomatika terminallarını birləşdirən və sənaye kompüterləri bazasında (temperaturun geniş dəyişmə diapazonu, rütubətlilik və tozlu şəraitlərdə işləyə bilən)

realizə olunan funksional kontrollerlərlə və aşağıdakı aparat – proqram texniki vasitələri ilə həyata keçirilir:

- obyektlə əlaqə qurğusu (OƏQ);
- elektrik enerjisinin istehsalı prosesinin rejim parametrlərini informasiya siqnallarına çevirən ölçü çeviriciləri;
- optik lifli əlaqə elementləri dəsti;
- elektrik stansiyasının mühafizə və avtomatika terminalları.

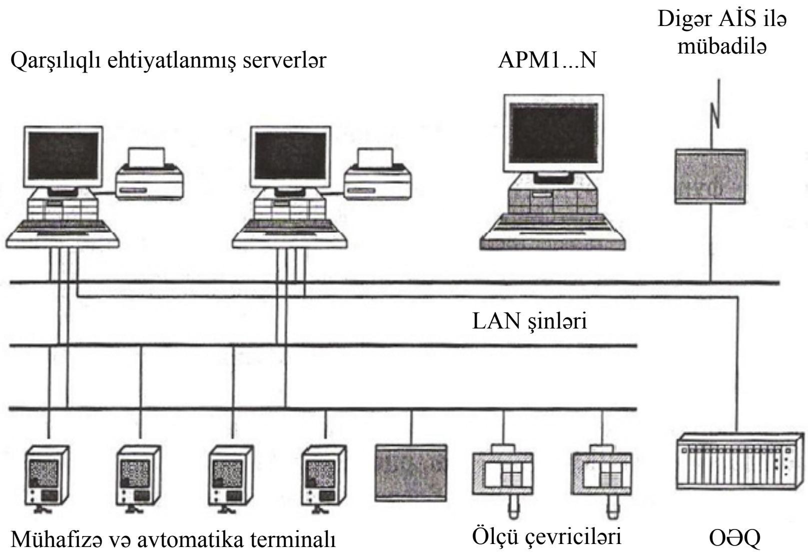
Aşağı səviyyədən informasiyaların toplanması əlaqə prosessoru vasitəsilə yerinə yetirilir. Bu qurğu OƏQ qoşulmuş səyyar şin üzrə əlaqəni təmin edən ölçü çeviricilərindən, rele mühafizəsi və avtomatika terminallarından və serverlə informasiya mübadiləsini həyata keçirən aparat – proqram texniki vasitələrindən ibarətdir. Verilənlərin mübadiləsi RS485 tipli optoelektron çeviricili interfeysə malik optik lifli əlaqə xətti (OLƏX) üzrə və yüksək sürətli informasiya mübadiləsini təmin edən xüsusi LAN tipli şəbəkə üzrə aparılır. Bu isə çoxsaylı girişləri olan çoxşüalı ulduz sxemi üzrə yerinə yetirilmişdir. Şəbəkənin tərkibinə informasiya toplayıcıları daxil edilmişdir.

İnformasiya mübadiləsi ümumi və xüsusiləşdirilmiş əlaqə protokollarından istifadə etməklə həyata keçirilir.

Şək. 12.8-də EH TP AİS–in ümumi struktur sxemi verilmişdir. Onun aşağı səviyyəsində elektrik stansiyasının rele mühafizəsi və avtomatika terminalları, obyektlə əlaqə qurğusu OƏQ (xüsusilə, RTU560) və ölçü çeviriciləri (məsələn, “Contrans” rəqəmsal tipli) yerləşdirilmişdir.

Orta səviyyədə qarşılıqlı ehtiyatlandırılan serverlər və LAN tipli şinlər göstərilmişdir.

EH TP AİS-in yuxarı səviyyəsi elektrik stansiyasının texniki rəhbərlərinin və istismar heyətinin APM1...N avtomatlaşdırılmış iş yerləri ilə təsvir olunmuşdur. Burada daha yuxarı səviyyəli AİS ilə də (digər AİS-lər) əlaqə göstərilmişdir.



Şək. 12.8. Elektrik stansiyasının EH TP AİS-in ümumi sxemi

Yoxlama sualları

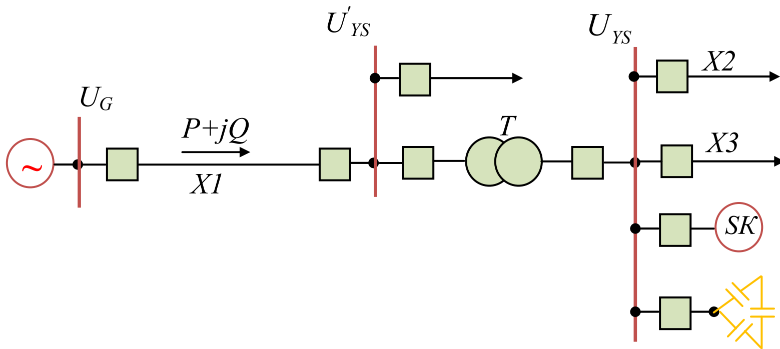
1. İstilik elektrik stansiyasının tezliyinin və gücünün ümumstansiya mikroprossesorlu avtomatik tənzimləmə sistemi hansı funksional elementlərdən ibarətdir və necə işləyir?
2. İstilik elektrik stansiyasının plandankənar qeyd olunmuş gücünün turbogeneratorlar arasında paylanmasının proqram təminatı nədən ibarətdir (şək. 12.5)?
3. İstilik elektrik stansiyasının planlı yükünün idarəedilməsi üzrə ümumstansiya mikroprossesorlu avtomatik tənzimləmə sisteminin funksiyası nədən ibarətdir?
4. Elektroenergetik sistemlərdə tezliyin və gücün avtomatik idarəolunmasının xüsusiyyətləri nədən ibarətdir?
5. VES-də tezliyin və gücün rəqəmsal avtomatik tənzimləmə sistemi (TGRAT) necə işləyir (şək. 12.7)?
6. TGRAT-ın fəaliyyətinin riyazi təminatı nədən ibarətdir (şək. 12.7)?
7. İstilik elektrik stansiyasının elektrik hissəsinin mikroprosessorlu TP AİS-i necə işləyir (şək. 12.8)?

FƏSİL 13. ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ GƏRGİNLİYİN VƏ REAKTİV GÜCÜN AVTOMATİK İDARƏ OLUNMASI

13.1. Gərginliyin idarə olunmasının təyinatı

Bütün elektrik enerji tələbatçılarının işi onların sıxaclarındakı gərginliyin qiymətindən asılıdır. Tələbatçı gərginliyin müəyyən optimal qiymətində daha etibarlı və iqtisadi baxımdan sərfəli işləyir. Gərginliyin istər artma, istərsə də azalma istiqamətinə nominaldan meyletməsi iş şəraitinin pisləşməsinə, mexanizmlərin məhsuldarlığının aşağı enməsinə, elektrik avadanlıqlarının xidmət müddətinin azalmasına, zay məhsulun istehsalına səbəb olur.

Belə ki, gərginliyin qiyməti 10% aşağı endikdə asinxron mühərriklərin fırladıcı momenti təqribən 20% azalır, müvafiq olaraq mexanizmin məhsuldarlığı da aşağı enir. Gərginliyin 5% aşağı enməsi zamanı elektrik sobalarının məhsuldarlığı kəskin aşağı düşür, əritmə müddəti 1,5-2 dəfə artır. İşıqlandırıcı qurğularda gərginliyin 5% azalması parlaqlığı 17,5% aşağı salır [10,12].



Şək. 13.1. Gərginliyin tənzimləmə prinsipini aydınlaşdıran şəbəkə sxemi

Gərginliyin kəskin artmasının da nəticəsi pis ola bilər. Belə ki, belə hallarda işıqlandırıcı lampalar, qızdırıcı qurğular və digər elektrik avadanlıqları vaxtından əvvəl sıradan çıxır.

Qəbuledici yarımstansiyanın alçaq gərginlik şinlərində gərginlik (şək. 13.1) aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$U_Q \approx \left(U_G - \frac{PR + QX}{U'_Q} \right) \cdot \frac{1}{n_t} \qquad (13.1)$$

burada, U'_Q – qəbuledici yarımstansiyanın yüksək gərginlik şinlərində gərginlik; U_G – generator şinlərindəki gərginlik; R, X – qidalandırıcı xəttin və transformatorun aktiv və reaktiv müqaviməti; P, Q – xətt üzrə ötürülən aktiv və reaktiv güc; n_t – güc transformatorunun transformasiya əmsalıdır.

(13.1) ifadəsinə əsaslanaraq, belə nəticəyə gəlmək olar ki, tələbatçıların gərginliyini aşağıdakı üsullarla dəyişmək olar: generator şinlərindəki gərginliyi dəyişməklə; transformatorun transformasiya əmsalını dəyişməklə; xətt üzrə ötürülən reaktiv gücü dəyişməklə, bu da sinxron kompensatorların, yaxud elektrik mühərriklərinin təsirlənməsini tənzimləməklə, həmçinin yarımstansiyada quraşdırılmış kondensator batareyalarının qoşulub – açılması ilə yerinə yertirilir.

Hazırki fəsildə qəbuledici yarımstansiyada quraşdırılmış transformatorların və kondensator batareyalarının köməyilə gərginliyin tənzimlənməsinə baxılır.

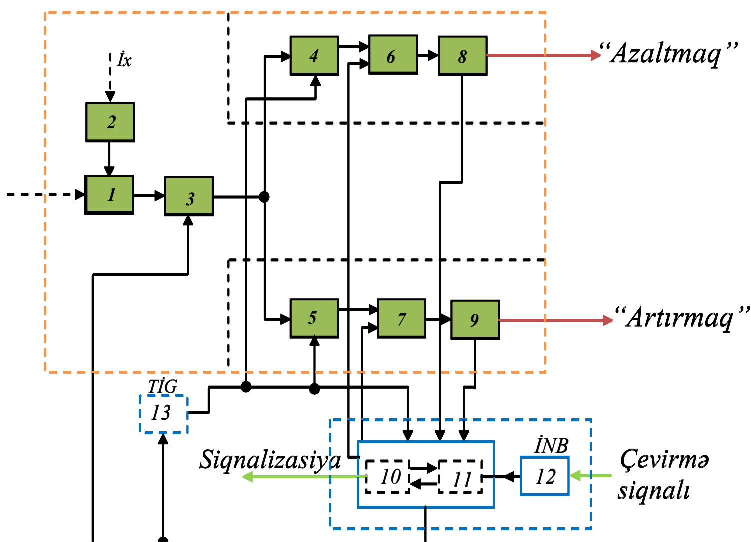
13.2. Transformatorların gərginliyinin avtomatik tənzimlənməsi

Enerjisitemlərdə transformatorların transformasiya əmsalını dəyişdirməklə yarımstansiyalarda gərginliyin avtomatik tənzimləmə sxemi geniş yayılmışdır [12].

20-ci əsrin 70-ci illərindən başlayaraq, transformator istehsal edən zavodlar onları АРТ–1Н (БАУРПН) tipli gərginliyin avtomatik tənzimləyiciləri ilə komplektləşdirirlər. АРТ–1Н tipli qurğu idarəetmə müddəti elektrik intiqalının işə düşmə vaxtı ilə təyin olunan impuls siqnalı ilə güc avtotransformatorunun (transformatorun) dolaqlarında çevirici ayırmaları elektrik intiqalları ilə avtomatik idarə edir. Qurğu, tənzimləmə traktının və YAT elektrik intiqalının səhvi zamanı gərginlik, nəzarət, bloklama, siqnalizasiya üzrə xarici tənzim qiymətini dəyişməyə, paralel işləyən transformatorlarda uyğnluq təmin edilmədikdə isə, nəzarət və bloklamanın qrup şəkilli tənzimlənməsini aparmaq qabiliyyətinə malikdir. Şək. 13.2-də təsvir edilmiş qurğunun struktur sxemi üç əsas funksional bəndi özündə əks etdirir: iki idarəetmə kanalı ilə tənzim traktı (*Azaltmaq* – gərginliyin azaldılması, *Artırmaq* – gərginliyin artırılması); idarəetmə və nəzarət bloku İNB; takt impulsları generatoru TİG.

Tənzimləmə traktının tərkibinə aşağıdakı elementlər daxildir: cəmləyici 1, cərəyan vericisi 2, qeyri–həssaslıq zonasını və APHT tənzim qiymətini formalaşdıran və dəyişən elementlər 3; zaman elementləri 4 və 5; qadağa elementləri 6 və 7; icra elementləri 8 və 9.

Nəzarət olunan U_N gərginliyi 1 cəmləyicisində hasil olunur; $\dot{U}_N$ giriş gərginliyi 2 cərəyan vericisindən gələn $U_{c.k}$ gərginliyi ilə cəmlənir (cərəyan kompensasiyası yerinə yetirilir). Cərəyan kompensasiyası hesabına "qarşılıqlı tənzimləmə" təmin olunur, bu isə öz növbəsində tələbatçıların şinlərində gərginliyi saxlamaq üçün vacibdir. Cərəyan kompensasiyası olmadan APHT qurğusu özünün quraşdırıldığı yerdə, yəni qidalandırıcı yarımstansiyanın şinlərində gərginliyi sabit saxlayacaqdır.



Şək. 13.2. Transformatorlarda quraşdırılan gərginliyin avtomatik tənzimləyicisinin struktur sxemi

Tələbatçıların şinlərindəki U_t gərginliyi qidanlandırıcı yarımstansiyanın alçaq gərginlik şinlərindəki U_{YS} gərginliyindən xətdə olan gərginlik itkisi qədər fərqlənir və *L2* xətti üzrə hərəkət edən yük cərəyanının dəyişməsi hesabına dəyişəcəkdir (şək. 13.1), $I_{yük}$:

$$\dot{U}_t = \dot{U}_{YS} - I_{yük} \cdot Z_x \qquad (13.2)$$

burada, Z_x – *L2* xəttinin müqavimətidir.

L2 xətti üzrə hərəkət edən yük cərəyanı nə qədər böyük olsa, tələbatçıların gərginliyi o qədər aşağı olacaqdır. Tələbatçıların gərginliyini sabit saxlamaq üçün APHT ölçü orqanına cərəyan kompensasiyası əlavə edilir (şək. 13.3).

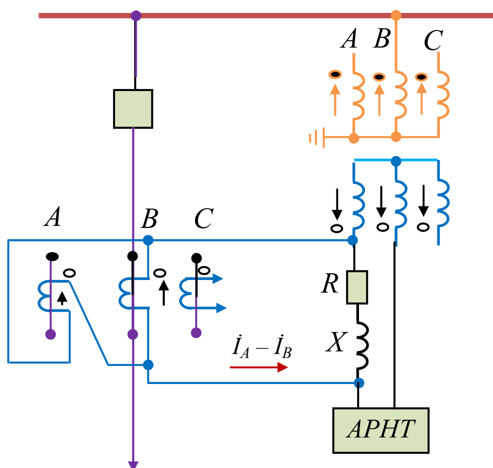
Cərəyan kompensasiyasının qoşulması zamanı (şək. 15.3-də R və X müqaviməti) APHT ölçü orqanına $U_{tən}$ gərginliyi veriləcəkdir:

$$\acute{U}_{tən} = \frac{\dot{U}_{YS}}{K_U} - \frac{I_{yük}}{K_I} \cdot Z_{c.k} \qquad (13.3)$$

burada, $Z_{c.k}$ – cərəyan kompensasiyasının müqaviməti; K_I, K_u – müvafiq olaraq cərəyan və gərginlik transformatorlarının transformasiya əmsalıdır.

(13.3) ifadəsinin hər tərəfini K_u–ya vuraq:

$$U_{tən} \cdot K_u = \dot{U}_{YS} - I_{yük} \cdot Z_{c.k} \cdot \frac{K_u}{K_I} \qquad (13.4)$$



Şək. 13.3. APHT ölçü orqanına cərəyan kompensasiyasının qoşulma sxemi

Cərəyan və gərginliyin transformasiya əmsallarını nəzərə almaqla $Z_{c.k}$ müqavimətini elə seçmək olar ki, aşağıdakı münasibət ödənsin:

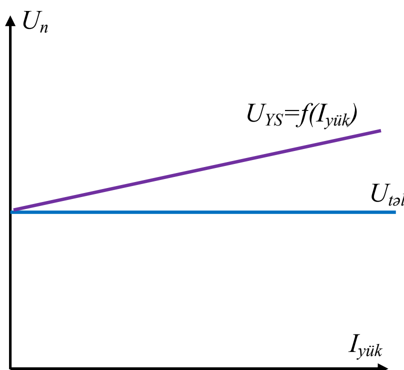
$$Z_x = Z_{c.k.} \cdot \frac{K_U}{K_I} \qquad (13.5)$$

yazmaq olar:

$$\acute{U}_{tən} \cdot K_u = U_{YS} - I_{yük} \cdot Z_x \qquad (13.6)$$

(13.2) və (13.6) ifadələrini müqayisə edərək, belə nəticəyə gəlmək olar ki, $\acute{U}_{tən} \cdot K_u = \acute{U}_{təl}$

Uyğun olaraq, APHT ölçü örqanına tələbatçı şinindəki $U_{təl}$ gərginliyinə mütənasib gərginlik veriləcək və avtomatika tələbatçı şinində gərginliyin qiymətini sabit saxlayacaqdır. Bu halda yarımstansiya şinlərində gərginlik şək. 13.4-də göstərildiyi kimi yük cərəyanından asılı olaraq dəyişəcəkdir. $Z_{c.k.}$ müqaviməti nə qədər böyük olarsa, $U_{YS} = f(I_{yük})$ xarakteristikasının meyilliyi o qədər böyük olacaq.



Şək. 13.4. Cərəyan kompensasiyası ilə APHT-nın xarakteristikası

3 elementi (şək. 13.2) aşağıdakıları təmin edir: cəmləyicidən daxil olan siqnalların çevrilməsi, qeyri-həssaslıq zonasının formalaşdırılması, APHT tənzim qiymətinin dəyişməsi və 4,5 zaman elementlərinə siqnalın verilməsi. Gərginliyə görə tənzimləyicinin tənzim qiyməti nominal gərginliyin 85%-dən 100%-ə qədər pilləli ("kobud" şəkildə 5%-dən, "dəqiq" 1%-dən) tənzimlənir. Tənzimləyici çox da böyük olmayan gərginlik rəqsləri zamanı YAT qurğusunun işləməsinin qarşısını almaq üçün lazım olan qeyri–həssaslıq zonasına malikdir. Qeyri-həssaslıq zonası üzrə tənzim qiyməti 0,5% olmaqla nominal gərginliyin 0-dan 4%-ə qədər həddində pilləli tənzimlənir.

4 və 5 elementlərinin köməyilə işləməyə dözmə müddəti (tənzimləmə diapazonu 60-180 san.) yaradılır və tənzimlənən gərginliyin qısa müddətli sıçrayışlarından kənarlaşdırmaq üçün toplanmış vaxtın azaldılması gecikdirilir. *Azaltmaq* və *Artırmaq* əmrlərini yerinə yetirən hər bir 8,9 icra elementlərinin dövrəsində uyğun olaraq, 6,7 qadağa elementləri qoşulur. APHT–nın işi qadağa elementlərinin vasitəsilə dayandırılır.

Qadağa elementlərinə idarəedici əmrlər İNB-dən verilir, onun da tərkibinə üç element daxildir: tənzimləyicinin sazlığı 10, elektrik intiqalının sazlığı 11, elektrik intiqalının "Çevirmək" siqnalını qeyd edən element. APHT-nin işinə qadağa əmrləri ilə eyni vaxtda İNB nasaz olması haqqında da siqnal verir. Elektrik intiqallarının sazlığına idarəetmə əmrlərinin yerinə yetirilmə nəticələrinə ("Getdi" və ya "Getmədi") və zamana görə ("Bitdi" və ya "İlişdi") nəzarət edilir.

İdarəetmə və nəzarət bloku 3 ölçü orqanını və 13 takt impulsları generatorunu idarə edir. 3 elementi ilə YAT-ın elektrik intiqalının çevrilməsi zamanı İNB yoxlama siqnalı verir və tənzimləmənin saz traktından keçməklə icra elementlərini söndürür və eyni vaxtda TİG-nın takt impulslarının periodunun dəyişməsinə əmr verir. Elektrik intiqalları ilə çevirmə dövrü qurtardıqdan sonra İNB 12 elementindən siqnal alaraq, TİG impulslarının ilkin periodunu bərpa edir və 3 elementini ilkin vəziyyətə qaytarır.

Takt impulsları generatoru APHT sxeminin müxtəlif nöqtələrinə müəyyən tezlikli impulslar ötürür, bununla da sxemin ayrı-ayrı elementlərinin işini təmin edir və qurğunun müxtəlif elementlərinin işləmə müddətinin və ardıcıllığının düzgünlüyünü qiymətləndirmək üçün zaman miqyasını verir. Gərginliyin qeyri–həssaslıq zonasının sərhədlərindən aşağı olması zamanı 5 zaman elementi işə buraxılır və APHT-nın icra elementinə siqnal ötürərək, təyin olunmuş dözmə müddəti ilə işə düşür. APHT gərginliyin 4 zaman elementindən keçərək artması zamanı da anoloji olaraq işləyəcəkdir.

Əgər elektrik intiqalının çevrilməsi ləngiyərsə və TİG tərəfindən müəyyən taktdan sonra baş verərsə, onda onun nasazlığı qeyd ediləcək – “Ləngimə”. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi elektrik intiqallarının işə düşməsi ilə impulsların ardıcıllığının tezliyi dəyişir. Əvvəlki tezliyin qorunub saxlanması tənzimləmə sistemində nasazlığın olmasına işarədir.

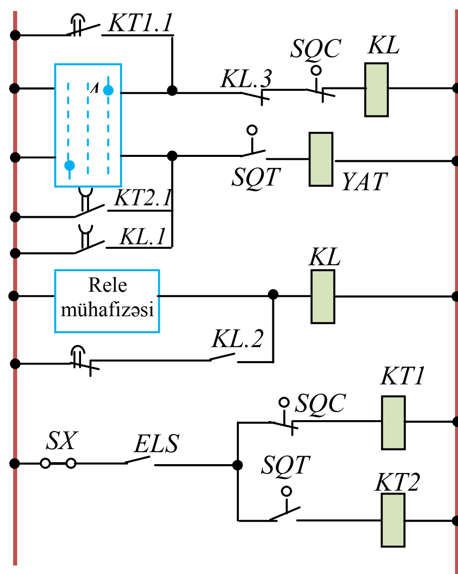
Paralel işləyən transformatorların transformasiya əmsalları fərqli olduqda, böyük bərabərləşdirici cərəyanların olmasının qarşısını almaq üçün YAT-ın bir pillə uyğunsuzluğu zamanı APHT-nın işini açan bloklama nəzərdə tutulur.

13.3. Kondensator batareyalarının avtomatik idarəetməsi

İstismar praktikasında yarımstansiya şinlərində gərginliyin qiymətindən, yük cərəyanından və ya xətlərdə reaktiv gücün istiqamətindən asılı olaraq kondensator batareyalarını idarə edən müxtəlif avtomatika sxemləri tətbiq edilir. Bütün bu sxemlər bu və ya digər əlamətlərə görə yarımstansiyanın şinlərində iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli gərginliyi qoruyub saxlamağı təmin edir.

Əvvəlcədən verilmiş proqram üzrə, məsələn, elektrik saatlarının (ELS) köməyilə də kondensator batareyalarının idarəetmə sxemləri tətbiq edilir. Şək. 13.5-də göstərildiyi kimi təyin olunmuş vaxtda elektrik saatlarının kontaktlarının qapanması za-

manı KT1 zaman relesi işə düşür ki, onun da kontaktları kondensator batareyalarının açarını qapayır. Açarın qoşulması zamanı KT1 rele dolağının dövrəsini açaraq və KT2 zaman relesinin dolağının dövrəsini qapayaraq onun SQC blok–kontaktı çevrilir.



Şək. 13.5. Elektrik saatlarının köməyilə kondensator batareyalarının açılma və qoşulmasının avtomatika sxemi

Yarımstansiyanın şinlərindən reaktiv gücə olan tələbat azalan zaman, həmçinin $E^{l}S$-nin kontaktlarının yeni qapanması zamanı KT2 zaman relesi işə düşəcək və kondensator batareyalarının açılmasına impuls göndərəcəkdir. ELS kontaktları qapalı vəziyyətdə cəmi 15 saniyə qaldığından, baxılan avtomatika sxemində iki zaman relesi istifadə edilmişdir: tənzim qiymət 9-10 saniyə olmaqla KT1 və KT2 zaman releləri. Buradan aydın görünür ki, belə dözmə müddətində ELS kontaktlarının hər qapanması kondensator batareyalarının açılması və ya qapanması ilə müşahi-

də olunacaqdır. Açarın köməkçi kontaktlarının çevrilməsindən sonra işləməyə başlayan ikinci zaman relesi ELS kontaktlarının açılmasına qədər olan müddətdə işləyə bilməyəcəkdir.

Kondensaror batareyalarının qoşulma dövrəsi kondensator qurğusunun rele mühafizəsinin işləməsi zamanı işə düşən KL aralıq relesinin KL.3 kontaktları ilə açılır və öz-özünə saxlanılır. Avtomatikanın operativ cərəyanla qidalanması yarımstansiyanın şinlərində quraşdırılmış xüsusi sərfiyyat transformatorları ilə təmin edilir.

13.4. Gərginliyin və reaktiv gücün qeyri-səlis idarəetmə sistemləri

Misir hesablama texnikası və yeni proqramlaşdırma texnologiyası kifayət qədər mürəkkəb və eyni zamanda güclü alqoritmləri reallaşdırmağa imkan verir. Yeni üsulların yaranması onunla şərtlənir ki, məsələlərin ənənəvi üsullarla həllində yaranan bir çox problemlərlə üzləşmək lazım gəlir. Bunlar isə obyektin vəziyyətinin dəyişməsinə uyğunlaşmaq xüsusiyyətinə malik olan adaptiv intellektual sistemlərin yaradılmasına gətirib çıxarmışdır. Bununla əlaqədar olaraq son zamanlar elektroenergetikada süni intellekt üsulların köməyi ilə texniki məsələlərin həllinə üstünlük verilir.

Belə üsullardan biri "qeyri-səlis" məntiq adı altında məlum olan və geniş tətbiq sahəsi tapmış qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi riyazi aparatdır. XX əsrin sonlarında yaradılmış bu qeyri-səlis idarəetmə nəzəriyyəsi cəld populyarlıq qazanması ilə bərabər elektroenergetikada, həmçinin elm və texnikanın digər sahələrində geniş tətbiq olnur. Qeyri-səlis idarəetmə əsasında yaradılan qurğular ənənəvi alqoritmlərlə idarə olunan qurğulara nisbətən müəyyən üstünlüklərə malik olur. Bu qeyri-səlis yanaşmanın bəzi üstünlükləri ilə əlaqədardır: qeyri-səlis, informasiya ilə işləmək mümkünlüyü; realizasiyasının sadəliyi və nisbətən asanlığı və s. İdarəetmə obyekti qeyri-xətti diferensial tənliklərə yazıldıqda qeyri-səlis idarəetmə daha effektiv olaraq özünü göstərir. Qeyd olunan hallarda bu tənlikləri həll etmək zəruriyyəti yaran-

mır. Alınan həllin xətası isə qəbul edilən hədlərdə olur. Bunula yanaşı giriş məlumatlarının mövcud qeyri-müəyyənliyi şəraitində həllin ənənəvi üsullarla axtarışı zamanı xətanın səviyyəsi özünü doğrultmur. Qeyri-səlis məntiq (fizzy-məntiq) əsasında yaradılmış qurğular belə çatışmazlıqları istisna edir.

Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində qeyri-səlis sistemlərin tətbiqi təcrübəsi elektroenergetika sistemlərində də gərginliyin və reaktiv güc axınlarının qeyri-səlis idarə olunmasının əvvəlki klassik üsullarla müqayisədə üstünlüyünü göstərmişdir. Bu bölmədə paylayıcı elektrik şəbəkələrində gərginliyin və reaktiv gücün idarə olunması məqsədilə tətbiq edilən YAT qurğusu və kondensator batareyalarının qeyri-səlis (fuzzy) idarəetmə sistemləri haqqında məlumat verilir.

13.4.1. Gərginliyin qeyri-səlis idarə olunması

Elektroenergetika sisteminin 110-35/10/6 kV gəginlikli paylayıcı şəbəkələri qidalanma mərkəzi ilə tələbatçıları əlaqələndirən elektrik veriliş xətlərinin uzunluğu, onların böyük ərazilərdə səpələnmələri ilə xarakterikdir. Bununla yanaşı 10/6/0,4 kV gərginliklərdə qeyri-xətti yüklərin və düyün yarımstansiyası şinlərinin ayrı-ayrı bölmələrində onların qeyri-simmetrikliyinin olmasını da qeyd etmək lazımdır.

110-35,10 və 6 kV gərginlikli elektrik şəbəkələri bir qayda olaraq radial-magistral tipli olmaqla, qeyd edildiyi kimi, böyük uzunluğa, çoxsaylı budaqlanmalara malikdirlər və inkişaf etdikcə strukturunun mürəkkəbləşməsi, buraxma qabiliyyətinin yol verilən həddə yaxınlaşması ilə xarakterizə olunurlar. Bu faktlar elektrik avadanlıqları üçün arzu olunmayan istismar şəraiti və qənaətli olmayan rejimlərinin yaranmasına səbəb olur. Bəzi faktların qeyri-müəyyənliyi vəziyyəti bir qədər də qeyri-səmərəli edir.

Göstərilən faktların olması qidalanma mərkəzindən daha böyük məsafələrdə yerləşmiş elektrik tələbatçılarının sıxaclarında və paylayıcı şinlərdə gərginliyin normalaşdırılmış və optimal səviyyəsindən meyl etməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir.

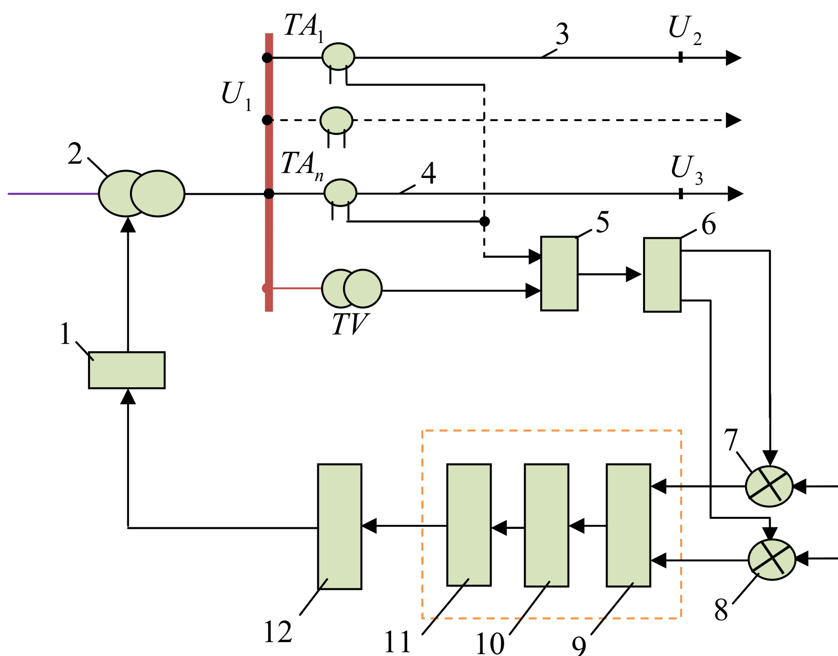
Faktik istismar şəraitlərində gərginliyin meyli yol verilən həddi 1,5-2,5 dəfə keçə bilər və qəza rejimi üçün müəyyən edilmiş qiymətlər zonasına sürüşməsi mümkündür. Qeyd edilən bu məsələlər paylayıcı şəbəkə şinlərində cari gərginlik rejiminin optimal zonasının formalaşdırılması və saxlanması zəruriliyini şərtləndirir.

Məlum olduğu kimi, tələbatçıların elektrik təchizat sistemlərində gərginliyin tənzimlənməsinin ən effektiv üsulu 110/35/10(6) və 35/10(6) kV gərginlikli düyün yarımstansiyası transformatorlarının transformasiya əmsallarının dəyişdirilməsidir. Bu transformatorların təqribən 95%-dən çoxu gərginliyin yük altında tənzimlənməsi (YAT) qurğusu ilə təchiz olunmuşdur. Yarımstansiya səviyyəsində effektiv tənzimlənməni həyata keçirmək üçün bütün mümkün parametrləri nəzərə almaqla, birləşmələrdə təyinedici gərginliyin seçilməsi zəruridir. Lakin birləşmənin seçilməsi üçün yüklərin və qidalandırıcı xətlərin vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərin ehtimal xarakteri səbəbindən bütün elektrik təchizatı sisteminin və yüklərin vəziyyətini ifadə edən riyazi model əsasında birqiymətli ciddi alqoritmin sintezi prosedurunu tətbiq etmək mümkün olmur. Ona görə də ekspert qiymətləndirməyə əsaslanmış qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi kimi xüsusi analiz üsullarının tətbiqi ilə seçməni yerinə yetirmək lazım gəlir.

Şək. 13.6-da paylayıcı şəbəkənin qidalandırıcı gərginliyinin avtomatik tənzimlənməsi üçün fuzzy-tənzimlənmə sisteminin struktur sxemi verilmişdir [6,7].

Sxemə yüksək tərəfi yük altında kontaktların çevrilməsi qurğusuna (1) malik, alçaq tərəfi isə elektrik enerji tələbatçılarını qidalandıran çoxlu sayda xətlər qoşulmuş paylayıcı şəbəkə şininə birləşdirilən qidalandırıcı transformatoru (2), analoq-rəqəm çevirici bloku (5), ən uzaq və ən yaxın tələbatçıların şinlərindəki U_2 və U_3 gərinliklərinin hesablama bloku (6), 7 və 8 simmatorları, qırıq xətlərlə ayrılmış fuzzy-kontroller daxildir. Sxemdə ən uzaq düyün yükünü qidalandıran xətt 3 ilə, ən yaxın yükü qidalandıran xətt isə 4 ilə işarələnmişdir.

Fuzzy-tənzimləyici (fuzzy-kontroller) səlis giriş siqnalları qeyri-səlis siqnallara (termlərə) çevirən fazzifikatordan (9), linqvistik qaydalar cədvəlindən (LQC) ibarət məntiqi qərardan (nəticədən) (10) və onu idarəedici siqnala çevirən defazzifikatorlardan (11) ibarətdir. LQC fazzi-tənzimləyicinin giriş və çıxış parametrləri arasında qeyri-səlis nisbətləri müəyyən edən qeyri-səlis qaydalar toplusundan ibarətdir və ekspert qiymətləndirilməsi əsasında tərtib edilir. Alınmış qeyri-səlis çoxluq defazzifikasiyadan sonra səlis idarəedici təsir şəklində transformatorun çevirgəc qurğusunun (12) idarə elementinə daxil olur.



Şək. 13.6. Paylayıcı şəbəkənin qidalandırıcı gərginliyinin qeyri-səlis idarəetmə sxemi

Tələbatçı şinlərin gərginlikləri bu tələbatçıları qidalandıran xətlərdəki gərginlik düşküləri üzrə aşağıdakı ifadələrlə təyin olunurlar:

$$\underline{\dot{U}}_2 = \underline{\dot{U}}_1 - \underline{I}_3 \underline{Z}_{1,3}$$
$$\underline{\dot{U}}_3 = \underline{\dot{U}}_1 - \underline{I}_4 \underline{Z}_{1,4}$$

Burada U_1 – qidalandırıcı şinin gərginliyi; $I_{1,3}$ və $I_{1,4}$ və 4-cü xətlərdən axan yük cərəyanları; $Z_{1,3}$ və $Z_{1,4}$ – 3 və 4-cü xətlərin tam kompleks müqavimətləridir.

Sistemin keyfiyyət kriteriyası kimi gərginliyin nominaldan meyletməsi (gərginlik üzrə xəta) $\varepsilon(U)$ qəbul edilir və aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$|\varepsilon(U)| \leq \delta$$

Burada $\varepsilon(U)$-gərginliyin nominal qiymətdən meyletməsidir. Məlum olduğu kimi uzunmüddətli normal rejimlər üşün gərginliyin -5%$\div$+5% hədlərində dəyişmələrinə yol verilir. Avtomatik sistemin cəld və effektli işləməsini təmin etmək üçün gərginliyin maksimal meyletməsini də bu intervalda qəbul etmək olar.

Ən uzaq və ən yaxın tələbatçıların şinlərindəki gərginlik üzrə meyletmələr aşağıdakılar kimi təyin olunur:

$$\varepsilon(U) = \frac{G - Y(U)}{G} \cdot 100\%$$

burada, $Y(U)$– idarə olunan çıxış gərginliklərinin cari qiyməti; G-sistemin tapşırıq təsiridir.

Ən uzaq və ən yaxın tələbatçı şinlərində gərginlik üzrə xətanı ifadə edən E_{1i} linqvstik qeyri-səlis altçoxluqlar üçün aşağıdakı termlər qəbul olunmuşdur. NB-mənfi böyük, NM-mənfi

orta, NS-mənfi kiçik, Z-sıfır, PS-müsbət kiçik, PM-müsbət orta və PB-müsbət böyük.

YAT qurğusunun növbəti çevirmə istiqamətini göstərən linqvistik dəyişənin qeyri-səlis altçoxluqları isə ND-mənfi istiqamət, PD-müsbət istiqamət və ST-dayanmaq termləri ilə ifadə edilmişdir.

Qəbul olunmuş qeyri-səlis termlərə uyğun olaraq, iki giriş və bir çıxış dəyişənləri halında fuzzy-tənzimləyicinin linqvistik qaydalar cədvəlindən ibarət gərginliyin idarəetmə alqoritmi matris-cədvəl formasında cədvəl 13.1-də təsvir olunmuşdur.

"İstiqamət" qeyri-səlis çıxış dəyişəninin qiymətinin təyin olunma qaydası aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir. YAT çevirgəcinin istiqaməti gərginlik nominaldan aşağı olduqda ("Mənfi böyük", "Mənfi orta") - "Aşağı", əksinə, gərginlik yüksək olduqda -"Yuxarı" qiymətinə uyğun olmalıdır. Gərginlik nominala bərabər qiymətlər aldıqda, eyni zamanda uzun və qısa xətlərin rejimləri nəzərə alınmaqla YAT qurğusunun vəziyyəti dəyişmir ("Dayan").

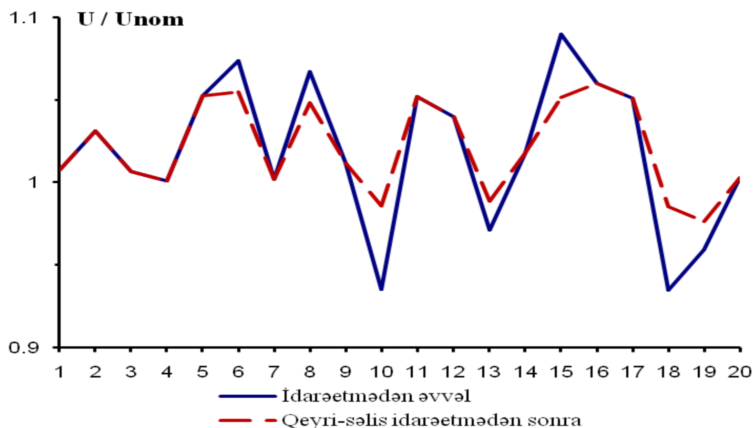
Cədvəl 13.1

YAT-n fazzi-tənzimləyicisi üçün qaydalar cədvəli

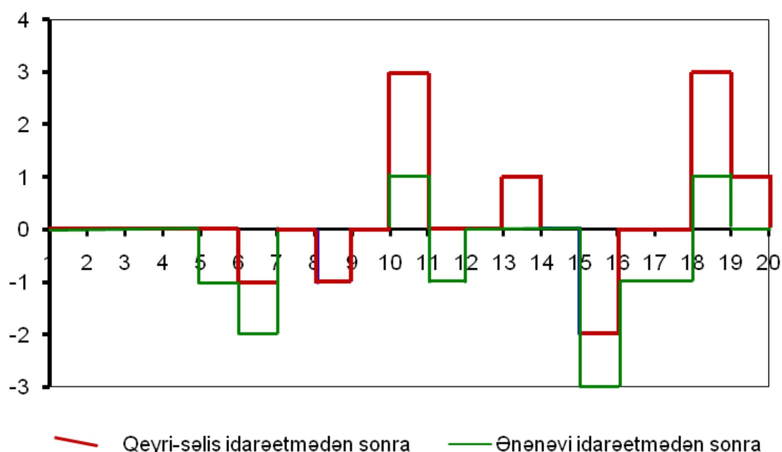
Term	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	PI	PI	PI	PI	PI	D	D
NM	PI	PI	PI	PI	PI	D	D
NS	PI	PI	PI	D	D	NI	NI
Z	PI	PI	D	D	NI	NI	NI
PS	D	D	D	D	D	NI	NI
PM	D	D	D	D	NI	NI	NI
PB	D	D	D	D	NI	NI	NI

Tələbatçı yüklərin təsadüfi dəyişmələri şəraitində qidalandırıcı şində gərginliyin idarəetmədən əvvəl və YAT qurğusunun cədvəl 13.1-də verilmiş alqoritm üzrə qeyri-səlis idarə olunmasın-

dan sonra dəyişmə diaqramları şək. 13.7-də, YAT qurğusunun özünün işləmə diaqramları isə şək. 13.8-də təsvir olunmuşdur.



Şək. 13.7. Şindəki gərginliyin idarəetmədən əvvəl və idarəetmədən sonra dəyişmə diaqramla



Şək. 13.8. İdarəetmədən sonra YAT qurğusunun işləmə diaqramları

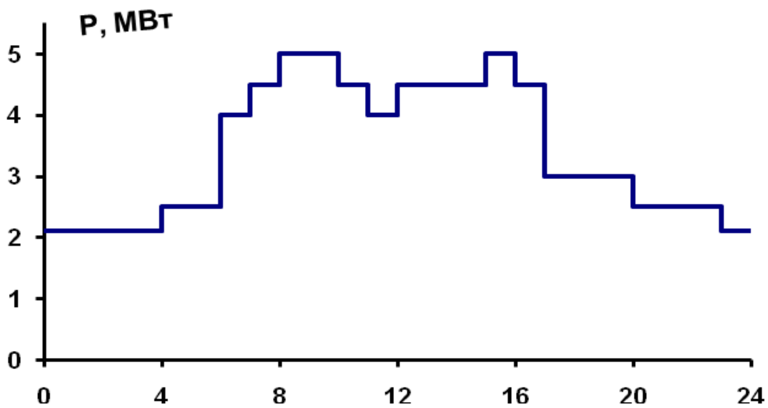
13.4.2. Gərginliyin meylinin dəyişmə sürətinin təsiri

Qeyri-səlis tənzimləyicinin girişinə hesablanmış gərginlikdən başqa, həm də gərginlik dəyişməsinin istiqaməti də verildikdə (o ya artır, ya da azalır), tənzimləyici daha intellektual işləyir. Gərginliyin meylinin törəməsinin hesablanması (məsələn, diferensiator vasitəsilə) və alınmış qiymətin tənzimləyicinin girişinə ötürülməsi lüzumsuz çevirmələrin yerinə yetirilməsinə imkan vermir. Tənzimləyici gərginliyin dəyişməsinin dinamikasına "nəzarət" edəcəkdir və lazım olmadıqda heç bir çevirmə aparmayacaqdır. Ən uzaq tələbatçı şinində gərginliyə görə linqvistik dəyişənlərin qeyri-səlis alt çoxluqlarını CV-qəza gərginliyi, VS-çox kiçik, S-kiçik, Z-normal, B-böyük, VB-çox böyük, gərginliyin dəyişməsinin (gərginliyin törəməsinin) "dinamikası" üzrə linqvistik dəyişənlərin qeyri-səlis altçoxluqlarını isə NB-mənfi böyük, NS-mənfi kiçik, PB-müsbət böyük və Z-normal qəbul etməklə qeyri-səlis tənzimləyicinin limqvistik qaydalar cədvəli tərtib edilmişdir. İki giriş və bir çıxış dəyişənləri zamanı idarəetmə alqoritmi cədvəl 13.2-də təsvir edilmişdir.

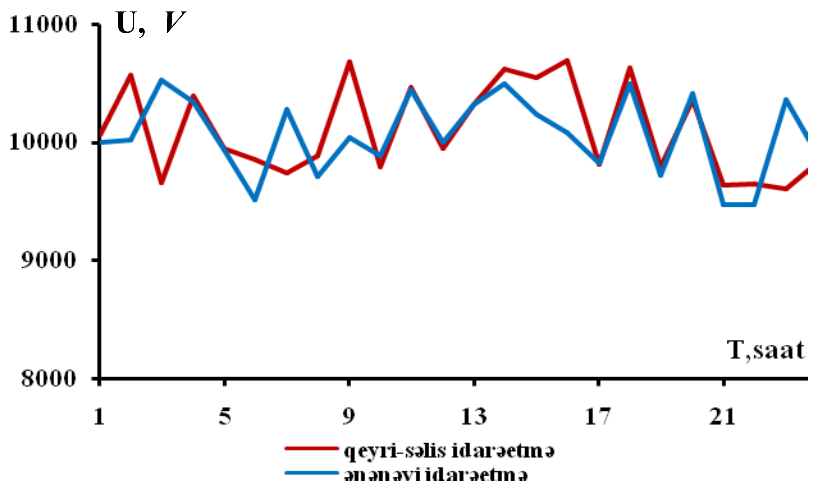
Cədvəl 13.2

Gərginliyin dəyişmə dinamikasını nəzərə almaqla fuzzy-tənzimləyici üçün qaydalar cədvəli

Term	SV	VC	S	Z	B	VB
NB	ST	ST	PD	ST	ST	ND
NS	ST	PD	PD	ST	ST	ND
Z	ST	PD	PD	ST	ND	ND
PS	ST	PD	ST	ST	ND	ST
PB	ST	PD	ST	ST	ND	ST



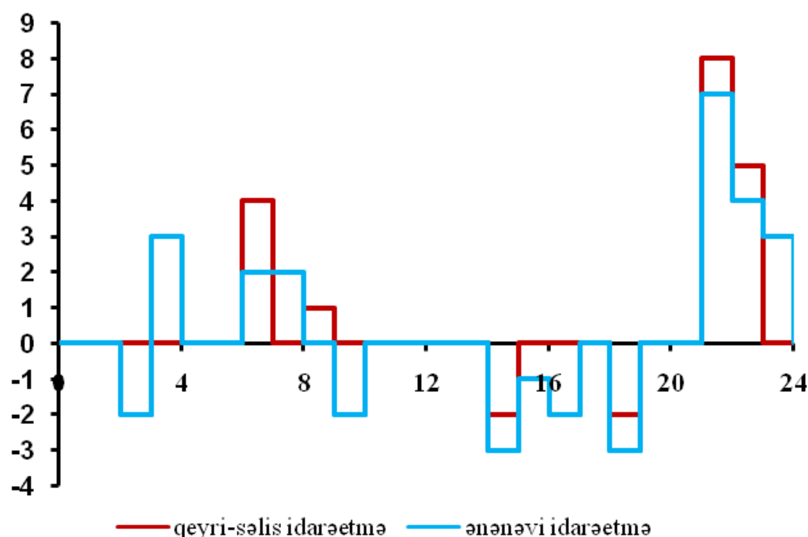
Şək. 13.9. Tipik aktiv yük qrafiki



Şək. 13.10. Gərginliyin dəyişmə diaqramları

Şək. 13.9-da göstərilmiş tipik yük qrafiki üçün YAT qurğusunun işləmə diaqramı şək. 13.10-da təsvir olunmuşdur. Göründüyü kimi, gərginliyin meylinin dəyişmə sürətini nəzərə aldıqda ənənəvi tənzimləyiciyə nisbətən fuzzy-tənzimləyici daha effektiv işləyir. Bunula yanaşı qeyri-səlis məntiq bazası əsasında tərtib edilmiş tənzimləyici obyektə təsir edən parametrik təsirlərə dayanıqlı olur.

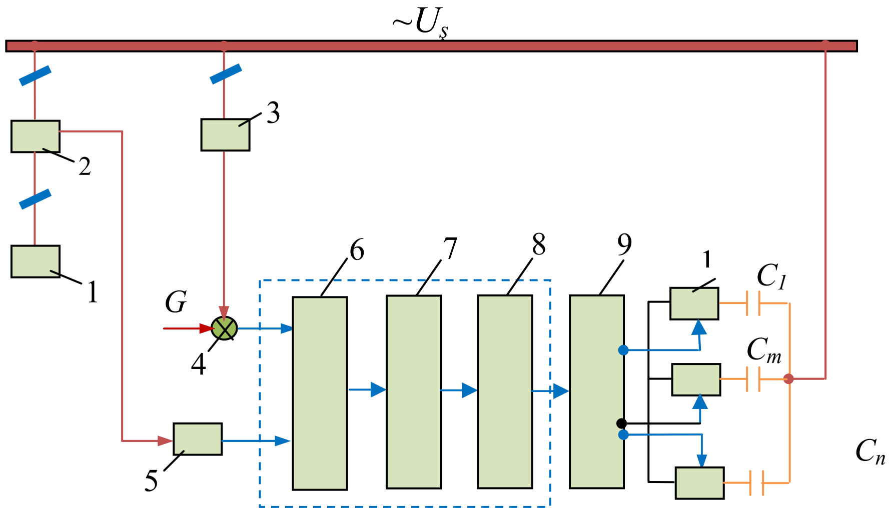
Şək. 13.11-də verilimş yük qrafikinə uyğun gərginliyin meylinin dəyişmə sürətini nəzərə almaqla yerinə yetirilən idarəetmədə YAT qurğusunun işləmə diaqramları verilmişdir. Göründüyü kimi qeyri-səlis idarəetmə zamanı çevirmələrin sayı təqtibən 20% azalır. Bu isə onun xidmət müddətini və uyğun olaraq işləmə etibarlılığını artırır.



Şək. 13.11. YAT qurğusunun işləmə diaqramları

13.4.3. Kondensator batareyasının qeyri-səlis idarəetmə sistemi

Şək. 13.12-də statik kondensator batareyasının (SKB) gücünün fuzzy tənzimləmə sisteminin struktur sxemi verilmişdir [8]. Struktur sxem aşağıdakı kimi işləyir: müvafiq reaktiv güc vericiləri RGV-2 və gərginlik vericisi GV (3) vasitəsilə 1-yükündə reaktiv gücün qiyməti və şəbəkənin gərginliyi ölçülür. Sonra 4 cəmləyicisinin birinci girişinə tapşırıq qiyməti, ikinci girişinə RGV vericisindən reaktiv gücün cari qiyməti daxil olur. Eyni zamanda 5 gərginlik meyletməsinin ölçü qurğusunun girişinə GV (3) vericisindən şəbəkə gərginliyinin qiyməti daxil olur. Alınmış reaktiv gücə və gərginliyə görə meyletmələr qeyri-səlis kontrollerin girişinə daxil olur.



Şək. 13.12. Reaktiv gücün fuzzy-idarəetmə sisteminin struktur sxemi

Sonuncu aşağıdakıları özündə cəmləyir, səlis siqnalların qeyri-səlis çoxluğa trnsformasiyası üçün nəzərdə tutulmuş fazzifikator 6; linqvistik qaydalar cədvəli (LQC) 7, yəni kontrollerin

giriş parametrləri arasında qeyri-səlis nisbəti təsvir edən qeyri-səlis qaydalar; defazzifikator 8, burada defazzifikasiyadan sonra səlis idarəedici təsir şəklində alınmış qeyri-səlis qiymət kondensator batareyalarının gücünün idarəetmə blokunun (KBGİB) girişinə və komutasiya blokuna (KB) daxil olur.

İdarəetmə sistemin keyfiyyət kriteriyası, reaktiv gücə $\varepsilon(Q)$ və gərginliyə görə meyletmələr müvafiq olaraq aşağıdakı ifadələrlə ifdə olunurlar:

$$|\varepsilon(Q)| = G - y(Q)$$

$$V = \frac{U - U_{nom}}{U_{nom}} \cdot 100$$

burada, $\varepsilon(Q)$– reaktiv gücə görə meyletmə (xəta); G_1 – reaktiv gücün tapşırıq qiyməti, kVAr; $y(Q)$– çıxış dəyişəninin cari qiyməti; U və U_{nom} – uyğun olaraq, gərginliyin və şəbəkənin nominal gərginliyinin faktik qiymətləridir.

Reaktiv gücün kompensasiyası məqsədilə SKB fuzzy-idarəetmə alqoritminin qurulması üçün üç linqvistik dəyişən qəbul olunmuşdur: "Gərginlik", "Reaktiv güc" və "İdarəetmə". Göstərilən linqvistik dəyişənlər üzrə fuzzy-idarəetmə alqoritminin qurulması üçün MATLAB mühitində Fuzzy Logic Toolbox proqram paketindən istifadə olunmuşdur. Baxılan qeyri-səlis ekspert sistemində iki giriş linqvistik dəyişəni –"Gərginlik" və "Reaktiv güc" və bir çıxış linqvistik dəyişəni –"İdarəetmə" vardır.

Şək. 13.12-də verilmiş sistem üçün yuxarıda qəbul olunmuş linqvistik dəyişənlər üzrə 54 qeyri-səlis məntiqi qayda tərtib olunmalıdır. Belə ki, reaktiv güc linqvistik dəyişəni üçün 9 term:

NBB-mənfi çox böyük; NB-mənfi böyük; NM-mənfi orta; NS-mənfi kiçik; Z-sıfır; PS-müsbət kiçik; PM-müsbət orta; PB-müsbət böyük; PBB-müsbət çox böyük, gərginlik linqvistik dəyişəni üçün 6 term: CV-qəza meyletməsi; NM-mənfi orta; NS-mənfi kiçik; Z-sıfır; PS-müsbət kiçik; PM-müsbət orta və idarəetmə linqvistik dəyişəni üçün 3 term; DC-tutumu açmaq; Z-sıfır; CC-tutumu qoşmaq, idarəedici təsir linqvistik dəyişəni üçün isə DC-tutumu açmaq; CC-tutumu qoşmaq və Z-sıfır termləri qəbul olunmuşdur (cədvəldə boş xanalar).

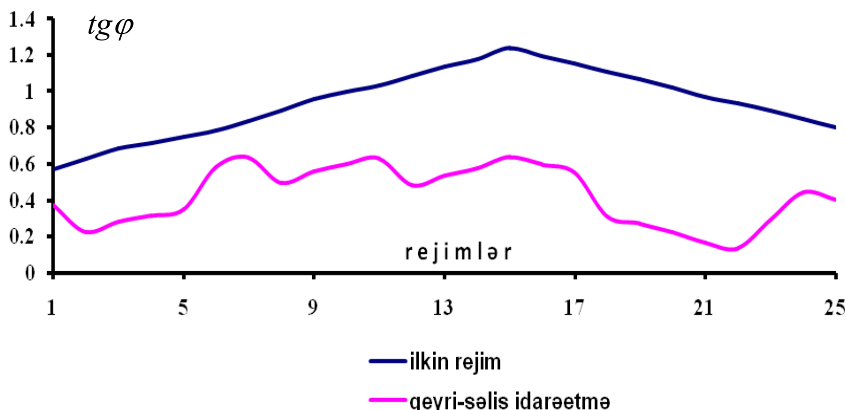
Yuxarıdakı mülahizələr əsasında iki giriş və bir çıxış dəyişəni halında kondensator batareyasının qeyri-səlis tənzimləyicisinin linqvistik qaydalar cədvəlindən ibarət idarəetmə alqoritmi cədvəl 13.3-də təsvir edilmişdir.

Cədvəl 13.3

Qeyri-səlis tənzimləyici üçün qaydalar cədvəli

Term	NBB	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB	PBB
CV									
NM	CC	CC	CC	CC	CC				
NS	CC	CC	CC	CC	CC				
Z				CC		DC	DC		
PS						DC	DC	DC	DC
PM						DC	DC	DC	DC

Paylayıcı elektrik şəbəkəsində SKB-nin yuxarıda şərh olunan fuzzy-idarəetmə alqoritminin efektivliyi 110-35/10/0,4kV gərginlikli tipik şəbəkə üzrə müqayisəli hesabatlar təsdiq edirlər. Reaktiv güc əmsalının dəyişməsinin ehtimal modelləşdirilməsi əsasında alınmış dəyişmə əyrisi və qeyri-səlis idarəetmə nəticəsində alınmış qrafiklər şək. 13.13-də göstərilmişdir.



Şək. 13.13. Reaktiv güc əmsalının dəyişmə əyriləri

13.5. Paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv gücün və gərginliyin kompleks qeyri-səlis idarə olunması

13.5.1. Reaktiv gücün və gərginliyin kompleks qeyri-səlis idarə olunmasının strukturu

Dispetçer idarəçiliyinin müasir praktikasında reaktiv gücün və gərginliyin qiymətlərinin optimal rejimlərin hesabı zamanı alınmış qiymətlərindən meyletməsi halında enerjisistemin elektrik şəbəkələrində rejimlərin operativ korreksiya olunması məsələsi əsas yer tutur. Bu zaman reaktiv gücün və gərginliyin idarə olunmasında korreksiyaedici təsirlərin seçilməsi üçün düyünlərdə gərginliyin meyletməsinin standartın tələb etdiyi norma hədlərində saxlanma şərti yerinə yetirilməklə itkinin minimumu kriterisindən istifadə olunur [6-8]. Paylayıcı şəbəkələrdə reaktiv gücün və gərginliyin idarə olunması əsasən statik kondensator batareyaları (SKB), həmçinin lokal yükləri təmin etmək üçün generasi-

ya mənbələri və gərginliyi yük altında tənzimlənən transformatorlar vasitəsilə yerinə yetirilir. Tənzimlənən statik kondensator batareyalarının və generasiya mənbələrinin sayının seçilməsi, onların elektrik şəbəkələrində yerləşdirilməsi optimallaşdırma məsələsidir. Verilmiş məsələnin həlli elektrik şəbəkəsinin normal sxemi üçün tənzimləmə qurğularının optimal sayını təyin edir. Sxem və rejimin dəyişməsi üzrə operativ idarəetmə zamanı düyünlərdə gərginliyin cari optimal qiyməti $U_{i,max}$, şəbəkədəki yekun itkinin qiyməti $\Delta P_{i,min}$ təyin olunur. Müvafiq olaraq $U_{i,max}$, $\Delta P_{i,min}$ -in yeni qiymətləri $U_{i,max}$, $\Delta P_{i,min}$ kəmiyyətlərinin hesablanmış yeni qiymətlərinə uyğun onların quraşdırılması nəzərdə tutulan düyünlər, həmçinin transformatorların tənzimləyici quruluşlarının vəziyyətləri $K_{t,i.}$ üçün kondensator vahidlərinin qoyuluş sayları $K_{kond,\,i}$ təyin edilir.

Belə formada optimallaşdırma hesabatları elektroenergetika sisteminin vəziyyətinin qiymətləndirilməsinin proqram kompleksi çərçivəsində yerinə yetirilə bilər. Bu proqramlarda məlum alqoritmlər istifadə olunur [8] və əsasən sistemin sxem və rejimlərinin cari vəziyyət verilənlərinə görə vaxtaşırı aparılan optimallaşdırma hesabatlarından ibarətdir. Cari optimallaşdırma hesabatlarının nəticələrinin – düyünlərdəki gərginlik və şəbəkədəki yekun itkinin qiymətlərinin normal baza rejimləri üçün təyin olunmuş optimal qiymətlərlə müqayisəsi əsasında kondensator batareyalarının tutumunun (C_{ki}), məsafədən tənzimlənən transformatorun transformasiya əmsallarının (K_{ti}), paylanmış generasiyalı sistemdə yerləşdirilmiş generatorların gərginliyinin korreksiya dərəcəsi təyin olunur. Nəzarət olunan düyünlərdə gərginliyin cari optimal qiymətlərinin və şəbəkədə itkinin qiymətinin uyğun nominal baza rejimindəki meyletmə qiymətlərindən asılı olaraq nəzarət olunan düyünlərdə quraşdırılmış kondensator batareyası modullarının sayının dəyişdirilməsinə idarəedici təsirin qiyməti və transformatorların tənzimləyici qurğularının vəziyyəti təyin olunur.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq paylayıcı elektrik şəbəkəsində reaktiv güc rejiminin ümumi idarəetmə sxemini şək. 13.14-də göstərilmiş statik kondensator batareyalarının uzlaşdırılmış idarəedilməsi, transformatorların vəziyyətinin və sinxron generatorların gərginliyinin dəyişdirilməsi blok strukturu şəklində təsvir etmək olar.

Şək. 13.14. Paylayıcı şəbəkələrində reaktiv gücün və gərginliyin idarə edilməsinin struktur sxemi

Paylanmış generasiyalı elektrik şəbəkələrində optimal rejimi saxlamaq məqsədilə idarəetmənin ümumi konsepsiyası düyünlərdə verilmiş kondensatorların sayından statik kondensatorların gücünün seçilməsindən, həmçinin enerjisistem ilə paylanmış generasiya şəbəkəsinin əlaqə nöqtəsində qoyulmuş transformato-

run transformasiya əmsalının təyinindən və onun şəbəkədə güc itkisinin minimumunu təmin edən vəziyyətindən ibarətdir. Kondensator və transformatora korreksiya olunan təsirin vacibliyi şəbəkədə cari rejimin itkilərin qiymətinin optimal rejim üçün hesablanmış planlaşdırılmış qiymətlərindən meyletməsi zamanı yaranır. Baxılan vəziyyətdə şəbəkə düyünlərində kondensator batareyası modullarının və transformatorların transformasiya əmsallarının dəyişməsinə korreksiya olunan idarəedici təsir cari şərtlərin (yük düyünlərinin aktiv və reaktiv güclərinin dəyişməsi) meyletməsindən xətti asılılığı kimi qəbul edilmişdir [8]:

$$\Delta Y = f(k, \Delta d) \qquad (13.7)$$

$$\Delta Y = \bar{Y} - Y$$

$$\Delta d = \bar{d} - d$$

burada, $\bar{Y}$, $\bar{d}$ – tənzimlənən və ilkin verilənlərin tapşırıq qiymətləridir.

$$\bar{Y} = \begin{vmatrix} C_{k1} \\ C_{k2} \\ \cdot \\ C_{kn} \\ K_{t1} \\ K_{t2} \\ \cdot \\ K_{tn} \end{vmatrix} \qquad \bar{d} = \begin{vmatrix} P_1 + jQ_1 \\ P_2 + jQ_2 \\ \cdot \\ P_n + jQ_n \end{vmatrix}$$

ΔY – kondensatorun tutum qiymətinin $\Delta C_{k,i}$ və tənzimlənən transformatorun transformasiya əmsalının $\Delta K_{t,i}$ dəyişməsinə idarəedici təsir;

Δd – ilkin verilənlərin – $\Delta P_i + j\Delta Q_i$. düyün yüklərinin dəyişməsi.

Kondensator və transformatorların idarəetmə tənliklərinin sazlama parametrləri aşağıdakı optimallaşdırma şərtindən təyin olunur:

$$\min_{k,\ \Delta P_i,\ \Delta Q_i} M\, \Delta P(\overline{Y} + f(k, \Delta d), x, d) \qquad (13.8)$$

burada, x – asılı parametrlərdır:

$$x = \begin{vmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{vmatrix}$$ - düyün gərginlikləri vektorunu ifadə edir.

13.5.2. Qeyri-səlis məntiq metodu ilə paylayıcı elektrik şəbəkəsinin rejim parametrlərinin idarə olunması alqoritmi

Sxem və şəbəkə rejimi (düyündəki güclər və gərginliklər) parametrlərinin dəyişkənliyinin ehtimal və qeyri-səlis müəyyən xarakteri, həmçinin elektrik sisteminin rejimlərinin qeyri-xətti modeli, onların parametrik qeyri-müəyyənliyi və əvvəlcədən tə-

yin olunma çətinliyi paylanmış generasiyalı elektrik şəbəkələrində aktiv və reaktiv güc axınlaının idarə edilməsi üçün məlum determinə olunmuş metodların tətbiqini mürəkkəbləşdirir. Korreksiyaedici idarəetmə təsirinin seçilməsi probleminin həlli üçün (13.7) şəklində verilmiş xətti asılılıqlar əsasında formalaşmış həlledici qaydalar alqoritmindən istifadə olunur. Bundan başqa, $C_{k,i}$ və $K_{t,j}$ üçün korreksiyaedici təsirlərin qiymətləndirilməsi zamanı aktiv güc itkisinin determinə olunmuş ekvivalenti təyin olunur. Hətta bu zaman "Y" idarəedici vektorunun ölçüsünün artması ilə məsələ mürəkkəbləşir.

Qeyri-səlis sistem çərçivəsində düyün tutumlarının və transformatorların transformasiya əmsallarının qiymətinə korreksiyaedici təsirin seçilməsi mənsubiyyət funksiyaları ilə təyin olunan linqvistik qaydalar bazasında formalaşır. Reaktiv güc axınının paylanma rejiminin korreksiyasının məqsədi max-min kompozisiya məsələsinin həllinə gətirilir.

Düyünlərdə quraşdırılmış kondensatorların tutumlarının dəyişməsinə korreksiyaedici təsirlərin təyin olunması problemi üçün *i* rejimində qəbul olunmuş *k* qaydalar əsasında kondensator tutumunun korreksiyası yekun mənsubiyyət funksiyası $\mu_{S_C}(\mathrm{i})$ aşağıdakı kimi yazılır:

$$\mu_{S_C}(\mathrm{i}) = \max k\,[\min[\mu_P(\mathrm{i}),\ \mu_U(\mathrm{i})]] \qquad (13.9)$$

burada, $\mu_P(\mathrm{i})$, $\mu_U(\mathrm{i})$ güc və gərginlik itkisi göstəricilərinin mənsubiyyət funksiyalarıdır.

İlkin verilənlərin proqnozunu nəzərə almaqla, determinləşdirilmiş optimallaşdırma məsələsinin həllindən

$$\overline{d} = \left| \overline{\pi}, \overline{P}_{H,i}, \overline{Q}_{H,i} \right|$$

tənzimlənən transformatorların transformasiya əmsallarının və düyünlərdə tutumun qiymətləri üçün plan tapşırıqları təyin olunur:

$$\overline{Y} = \left| C_{k,1}, C_{k,2}, \cdots, C_{k,n}, K_{t,1}, K_{t,2}, \cdots, K_{t,m} \right|$$

burada, $\overline{\pi}$ - aktiv güc itkisi; $\overline{P}_{H,i}$, $\overline{Q}_{H,i}$ - i-ci yük düyünündə aktiv və reaktiv gücün proqnoz qiymətləri.

Düyünlərdə kondensator batareyalarının tutum qiymətlərinin dəyişməsinə korreksiya təsirinin payı və transformatorların tənzimləmə qurğularının vəziyyətini qiymətləndirmə zamanı məsələnin qeyri-səlis-müəyyən çərçivədə həlli aşağıdakı mərhələlərlə həyata keçirilə bilər (şək. 13.15):

1. Paylanmış generasiya sisteminin baza strukturu üçün yekun aktiv güc itkisini təyin etmək (güc axınının hesablama proqramı əsasında yerinə yetirilir). Standart proqram komplekslərindən istifadə olunur (ETAP, PSS_E və s.) və onun vasitəsilə qərarlaşmiş rejimin hesabatı aparılır, həmçinin şəbəkədə reaktiv güc mənbələrinin optimal yeri təyin edilir.

2. Hər bir düyündə reaktiv gücün kompensasiya payını dəyişmək yolu ilə güc axınının hesabatını aparmaq və hər bir $\Delta C_{k,i.}$ halında yekun aktiv güc itkisini təyin etmək.

3. İtkinin azalma göstəricisinin hesablanması:

$$\Pi_{\Delta P}(i) - \frac{(\Delta P(i) - \Delta P_{\min})}{(\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min})} \qquad (13.10)$$

burada, i=2, 3, … n – kondensator batareyaları quraşdırılan düyünlərin sayıdır.

(13.10) ifadəsinə görə "i"düyünündə tutumun korreksiyasının yararlıq göstəricisi təyin edilir. Əgər bu göstərici hər hansı i düyünü üçün böyükdürsə, onda bu düyündə tutumun korreksiyası daha məqbuldur.

4. Güc itkisi göstəricisi $\mu(\Pi_{\Delta P})$ və hər bir düyündə gərginliklərin μ_U(i) mənsubiyyət funksiyaları üçün (13.7) modelinin girişləri qəbul edilir.

5. (13.9) qeyri-səlis modelinin çıxış parametrləri - μ_{S_c}(i) nəticəvi mənsubiyyət funksiyası verilmiş düyündə tutumun korreksiyasının məqbulluğu ilə təyin olunur:

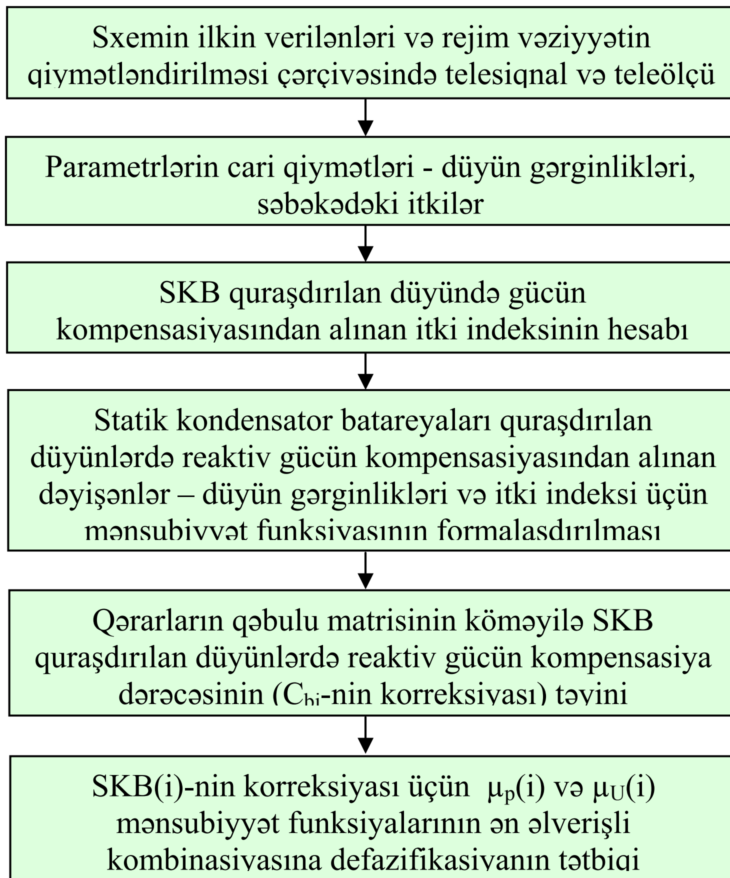
$$\widetilde{Y} = \widetilde{U} \circ \widetilde{\Pi}_{\Delta P} \circ R(U, \Pi_{\Delta P}, Y) \tag{13.11}$$

burada, «∘» - max-min kompozisiya simvolu, R – qeyri-səlis münasibətdir.

6. Kondensator batareyalarının $C_{k,i}$ tutumunu və transformatorların $K_{t,i}$ transformasiya əmsalını korreksiya etmək üçün qeyri-səlis idarəedici çıxış siqnalının defazzifikasiyası:

$$Y = F^{-1}\left[\widetilde{Y}\right] \tag{13.12}$$

burada, F – fazzifikasiya simvoludur.



Şək. 13.15. Paylayıcı şəbəkə rejiminin korreksiya edilməsi alqoritminin blok-sxemi

Qeyd olunan alqoritmə müvafiq olaraq qeyri-səlis məntiq tənzimləyicisinin giriş parametrləri kimi statik kondensator batareyalarının tutumlarının korreksiya olunmuş şəbəkə düyününün təyini üçün (13.10) ifadəsi üzrə təyin olunan düyün gərginlikləri və itki indeksi (İİ) $\Pi_{\Delta P}(i)$ qəbul edilir. *i* düyününün

$\Pi_{\Delta P}(i)$ qiyməti üçün ən yüksək sərhəd qiyməti prioritet düyün hesab edilir ki, burada da düyündə quraşdırılan SKB-nin korreksiyası vacibdir.

Düyünlərdə gərginlik, itki indeksi $\Pi_{\Delta P}(i)$, həmçinin statik kondensator batareyası korreksiya olunan şəbəkə düyünündə üstünlük göstəricisi qeyri-səlis dəyişənləri termlər ilə təsvir edilir: Çox kiçik (Very Smoll-VS), Kiçik (Smoll-S), Kiçik-Orta (Smoll-Medium-SM), Orta (Medium-M), Yüksək-Orta (High-Medium-HM) и Yüksək (High-H).

Güc itkisi göstəricisi linqvistik dəyişənin termlər üzrə A_{1i} qeyri-səlis altçoxluqları aşağıda veilmişdir:

$A_{11} = CL$ (Critical Low) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{11}(p))$

$A_{12} = L$ (Low) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{12}(p))$

$A_{13} = LM$ (Low-Medium) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{13}(p))$

$A_{14} = M$ (Medium) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{14}(p))$

$A_{15} = HM$ (High-Medium) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{15}(p))$

$A_{16} = H$ (High) $\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu_{16}(p))$

A_1 universumumunda təyin olunmuş qeyri-səlis altcoxluqları ümumi şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\underline{\underline{\Delta}}(p, \mu(p)) = \sum_{p \in A_1} \mu_{1i}(p_i))/p_i \quad , \ \forall p_i \in A_1, \ \ i = \overline{1,6}$$

burada “p” simvolu güc itkisi göstəricisini ifadə edir.

Düyün gərginlikləri linqvistik dəyişənin termlər üzrə A_{2j} qeyri-səlis altçoxluqları analoji olaraq aşağıda veilmişdir:

$$A_{21} = CL \quad \text{(Critical Low)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{21}(V))$$
$$A_{22} = L \quad \text{(Low)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{22}(V))$$
$$A_{23} = LM \quad \text{(Low-Medium)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{23}(V))$$
$$A_{24} = M \quad \text{(Medium)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{24}(V))$$
$$A_{25} = HM \quad \text{(High-Medium)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{25}(V))$$
$$A_{26} = H \quad \text{(High)} \quad \underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{26}(V))$$

A_2 universumumunda təyin olunmuş qeyri-səlis altcoxluqları ümumi şəkildə ifadəsi isə aşağıdakı kimidir:

$$\underline{\underline{\Delta}}(V, \mu_{2j}(V)) = \sum_{V \in A_2} \mu_{2j}(V_j)/V_j \ , \quad \forall V_j \in A_2 \, , \ j = \overline{1,6}$$

Cədvəl 13.4 və 13.5-də yuxarıda göstərilən qeyri-səlis məntiq dəyişənləri üçün mənsubiyyət funksiyaları göstərilmişdir.

Cədvəl 13.4

Gərginlik və itki göstəriciləri üçün mənsubiyyət funksiyası

Dəyişənlərin təsviri	Çox kiçik	Kiçik	Kiçik-Orta	Orta	Yüksək - Orta	Yüksək
Güc itkisi göstəriciləri	< 0,15	0 – 0,25	0,12 – 0,5	0,32 – 0,75	0,5 – 1,0	>0,75
Gərginlik	< 0,92	0,9 – 0,94	0,91 – 0,96	0,95 – 1,0	0,98 – 1,05	1,02 – 1,1

Cədvəl 13.5

Şəbəkə düyünlərində SKB tutumlarının korreksiyasının üstünlük göstəricisinin (KÜG) mənsubiyyət funksiyası

Dəyişən	Çox kiçik	Kiçik	Kiçik-Orta	Orta	Yüksək – Orta	Yüksək
KÜG(*i*)	<0,15	0 – 0,25	0,12 – 0,5	0,32 – 0,75	0,5 – 1,0	≥0,75

Quraşdırılan SKB-nin korreksiyası müəyyən edilmiş şəbəkə düyününün təyini zamanı hər bir düyündə itki və gərginlik göstəricilərinin hesablanması, sonra isə onların hər birini öz mənsubiyyət funksiyaları ilə təqdim etmək vacibdir. Düyün gərginliklərinin qiymətlərindən və itki göstəricilərindən $\Pi_{\Delta P}(i)$ istifadə edərək, qeyri-səlis məntiq nəticələrinin matrisi cədvəl 13.5-də verilmiş şəkildə formalaşdırılmış və ümumiləşdirilmişdir.

Cədvəl 13.5

SKB-nın korreksiyasına üstünlük verilən düyünün təyini üçün qərar matrisi

Parametrlər		Düyün gərginlikləri (n.v.)					
		VS	S	SM	M	HM	H
$\Pi_{\Delta P}(i)$	VS	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	SM	SM
	SM	S	S	S	SM	SM	M
	M	S	S	S	SM	M	HM
	HM	S	S	SM	M	HM	H
	H	S	SM	SM	M	HM	H

13.5.3. Alqoritmin realizasiya nəticələri

Qeyri-səlis tənzimləyicinin alqoritminin tətbiqinə 0,4-35kV paylayıcı elektrik şəbəkələrinin birinin nümunəsində baxılmışdır. Tədqiq olunan şəbəkə 28 düyündən ibarətdir. Standart proqram kompleksindən istifadə etməklə yükdən asılı olaraq, verilmiş şəbəkə üçün düyün nöqtələrində kondensator batareyalarının optimal yerləşmə yeri və müvafiq tutumları təyin edilmişdir.

Üç müxtəlif yük rejimləri üçün düyün nöqtələrindəki gərginliklər, güc əmsalları, quraşdırılan batareyaların sayı və

gücü, həmçinin kondensatorların quraşdırılması və istismarı üçün lazım olan toplam xərclər təyin edilmişdir. Hesablamaların nəticələri cədvəl 13.6-13.8-də verilmişdir.

Cədvəl 13.6

40% yüklənmə zamanı SKB-nın optimal paylanmasının hesabat nəticələri

Düyünün adı	U_{hes} %-lə	$\cos\varphi$	SKB haqqında informasiya		
			kVAr/SKB	Seksiyaların sayı	Cəmi güc kVAr
1	98,3	0,858	300	2	600
2	89,9	1,0	300	3	900
3	91,3	0,997	300	2	600
4	98,2	0,644	300	3	900
5	91,8	0,999	300	3	900
6	98,4	0,78	300	2	600
7	103,2	1,0			
8	99,7	1,0	300	3	900
9	90,4	0,998	300	5	1500
10	103,4	0,494	300	4	1200
11	98,8	1,0	300	1	300
12	96,6	0,994	300	4	1200
13	91,8	0,997	300	6	1800
14	92,3	0,998	300	3	900
15	94,0	0,968	300	1	300
16	91,9	0,934	300	1	300
Cəm:	-	-	-	43	12900

Cədvəl 13.6-dan görünür ki, şəbəkənin 40% yüklənməsi zamanı 16 düyün nöqtəsində SKB-nin 43 seksiyası, 35% yüklənmə zamanı 15 düyün nöqtəsində - 23 və nəhayət, şəbəkənin 30% yüklənməsi zamanı 16 düyün nöqtəsində 18 seksiya işə qoşulmalıdır. Bu zaman kondensator seksiyalarının toplam gücü uyğun olaraq, 12,9 MVar, 6,9 MVar и 5,4 MVar, yekun xərclər isə

289,2; 221,1 и 123,4 min. ABŞ dolları təşkil edir (qiymətlər cədvəldə verilməmişdir). Yəni, yükün azalması zamanı işdə olan SKB seksiyalarının optimal gücü ilkin rejimə nəzərən 46,5%, üçüncü rejim üçün isə 58,1% azalmışdır. Buna müvafiq olaraq, kondensator batareyalarına qoyulan xərclər ikinci rejim üçün 23,5% və üçüncü rejim üçün isə uyğun olaraq, 57,3% azalmışdır.

Cədvəl 13.7

35% yüklənmə zamanı SKB-nın optimal paylanmasının hesabat nəticələri

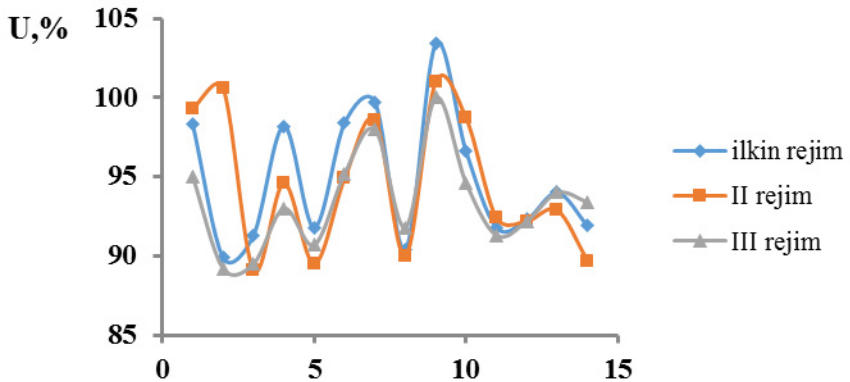
Düyünün adı	U_{hes} %-lə	$\cos\varphi$	SKB haqqında informasiya		
			кVAr/seksiya	Seksiyaların sayı	Cəmi güc kVAr
1	99,3	1,0			
2	100,6	1,0	300	1	300
3	89,1	0,96	300	1	300
4	94,6	0,85			
5	99,3	1,0	300	3	900
6	89,5	0,98	300	2	600
7	94,9	0,85			
8	98,6	1,0			
9	90,0	0,99	300	4	1200
10	101,0	0,99	300	1	300
11	98,7	1,0			
12	92,4	0,99	300	6	1800
13	92,2	0,96	300	4	1200
14	92,9	0,96	300	1	300
15	89,7	0,85			
Cəm:	-	-	-	23	6900

Cədvəl 13.8

30% yüklənmə zamanı SKB-nın optimal Paylanmasının hesabat nəticələri

Düyü-nün adı	U_{hes} %-lə	$\cos\varphi$	SKB haqqında informasiya		
			kVAr/sek-siya	Seksiya-ların sayı	Cəmi güc kVAr
1	95,0	0,85			
2	89,2	0,99	300	2	600
3	89,5	0,98	300	1	300
4	93,0	0,85			
5	90,7	0,95	300	1	300
6	95,2	0,85			
7	101,9	1,0			
8	98,0	1,0	300	3	900
9	91,8	0,99	300	3	900
10	100,0	0,99	300	1	300
11	97,2	1,0			
12	94,6	0,85			
13	91,3	0,95	300	2	600
14	92,2	1,0	300	2	600
15	94,0	0,99	300	1	300
16	93,4	0,99	300	2	600
Cəm:	-	-	-	18	5400

Şək. 13.16-da şəbəkə rayonunun 10 kV-luq tələbatçı şini üçün müxtəlif rejimlər zamanı gərginlik səviyyələri göstərilmişdir. Göründüyü kimi 10 kV-luq tələbatçı şininin bəzi düyünlərində (2, 3, 6, 15-ci düyünlər) gərginlik orta hesabla 11% azalmışdır. Bu hər şeydən əvvəl tələbatçı şinlərində gərginliyin sərhəd buraxılabilən qiymətə qədər azalması kondensator batareyalarının yerləşdirilməsi ilə deyil, paylayıcı şəbəkədə xətlərin uzunluqlarının uyğun gəlməməsi ilə əlaqədardır.



Şək. 13.16. 10 kV-luq düyünlərdə gərginliyin profili

Yuxarıda göstərilən hesabatların analizlərinin nəticələri göstərir ki, elektrik şəbəkəsinin rejimlərindən asılı olaraq, elektrik enerjisinin paylanmasının effektivliyini artırmaq üçün dövri olaraq korreksiyanın aparılması, daha doğrusu, düyünlərdəki SKB-nın seksiyalarının gücünün rasional idarə edilməsi təmin edilməlidir.

Yoxlama sualları

1. Gərginliyin tənzimlənməsinin mahiyyəti nədən ibarətdir?
2. Gərginliyin hansı tənzimləmə üsulları vardır?
3. Transformatorlarda gərginliyin tənzimlənməsi necə həyata keçirilir?
4. Gərginliyin avtomatik tənzimlənməsinin struktur sxemi necədir?
5. Cərəyan kompensasiyası üsulunun mahiyyəti nədən ibarətdir?
6. Kondensator batareyasının avtomatik idarə olunmasının sxemini izah edin.
7. Qeyri-səlis şoxluqlar və qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsinin əsas müddəalarını izah edin.
8. Mənsubiyyət funksiyası nədir?
9. Qeyri-səlis idarəetmənin struktur elementlərini izah edin.
10. Elektroenergetikada qeyri-səlis idarəetmənin tətbiqini zəruri edən amillər nədən ibarətdir?
11. Gərginliyin qeyri-səlis idarə olunması necə yerinə yetirilir?
12. Gərginliyin dəyişmə sürətinin nəzərə alınması idarəetmə prosesinə necə təsir göstərir?
13. Kondensator batareyasının qeyri-səlis idarə olunması necə yerinə yetirilir?
14. Paylayıcı şəbəkələr üzrə reaktiv gücün və gərginliyin kompleks idarə olunması alqoritmini izah edin.

İXTİSAR OLUNMUŞ SÖZLƏRİN SİYAHISI

AYAA	avadanlığın yükdən avtomatik açılması
AGAT	aktiv gücün avtomatik tənzimləyicisi
AGPQ	aktiv gücün paylanma qurğusu
AİQ	avtomatik informasiya qurğusu
AİS	avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi
AİMA	avadanlığın ifrat yüklənmədən məhdudlaşdırılması avtomatikası
AM	abonent məntəqələri
ARAL	asinxron rejimin avtomatik ləğvi
ARÇ	analoq-rəqəm çeviricisi
AS	avtomatik sinxronizator
ASTÖ	avtomatika siqnallarının teleötürmə qurğusu
ATX	amplitud – tezlik xarakteristikası
ATQ	avtomatik təkrar qoşma
ATT	avtomatik tezlik tənzimləyicisi
BAY	baş alçaldıcı yarımstansiya
BDİP	baş dispetçerin idarə pultu
BES	birləşmiş enerjisistem
BGAT	enerjiblokun gücünün avtomatik tənzimləyicisi
CATQ	cəldtəsirli avtomatik təkrar qoşma
DAY	dozalaşdırmanın avtomatik yaddasaxlama qurğusu
DE	diferensiallayıcı element
DPLA	dayanıqlığın pozulmasının ləğvi avtomatikası
DİAY	dinamik ifrat yüklənmə zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə
EAQ	ehtiyatın avtomatik qoşulması
EAS	ehtiyatın avtomatik seçilməsi
EAVİ	enerji aqreqatlarının vəziyyət dəyişmələrinin idarə olunması

EES	elektroenergetika sistemi
EHQ	elektrik hərəkət qüvvəsi
EHÇ	elektrohidravlik çevirici
EQQQ	elektrik qurğularının quraşdırılma Qaydaları
EVX	elektrik veriliş xətti
ESt	elektrik stansiyası
ESB	Enerjisistem birliyi
ƏƏ	əks əlaqə
ƏQA	əks-qəza avtomatikası
ƏQTD	əks-qəza idarəedici təsirlərin dozalaşdırılması
FƏƏ	funksional əks-əlaqə
FKQ	faza kompaundlanma qurğusu
FTAT	firlanma tezliyinin avtomatik tənzimləyicisi
FTME	fasiləsiz təsirli müqayisə elementi
FTT	fırlanma tezliyinin tənzimləyicisi
FMQ	forsirovka dəfəliyinin məhdudlaşdırma qurğusu
GAAM	güc axınının avtomatik məhdudlaşdırıcısı
GAAT	güc axınının avtomatik tənzimləyicisi
GAAY	generatorun açılması zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə
GDM	gücün dəyişdirilmə mexanizmi
GÖO	gərginlik ölçü orqanı
GRGÜT	gərginlik və reaktiv gücün ümumstansiya tənzimlənməsi
GTB	gərginliyi tənzim qiymətə bərabərləşdirən
GTTAT	güclü təsirli təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi
GTÖÇ	gərginlik tezliyinin ölçü çeviricisi
GTÖO	gərginlik tezliyinin ölçü orqanı
GTT	güc tapşırığı tempi
GV	güc vericisi

GY ATQ	gərginliyin olmasını yoxlamaqla avtomatik təkrar-qoşma
GYMA	gərginliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası
GAMA	gərginliyin azalmasının məhdudlaşdırılması avtomatikası
HES	hidroelektrik stansiya
HK	hesablama kompleksi
HKİ	hesablama kompleksini idarə edən
XPT	xüsusi proqram təminatı
İQ	icra qurğusu
İES	istilik-elektrik stansiyası
İİS	inteqrə olunmuş informasiya sistemi
İO	işəsalma orqanı
İŞ	istilik şəbəkəsi
İTF	istehsal-texniki fəaliyyət
İTT AİS	inteqrə olunmuş təşkilati-texnoloji avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi
KÖF	kompleks ötürmə funksiyası
KTG	plandankənar tapşırıq gücləri
KTV	kompleks texniki vasitələr
QBE	qalvanik bölünmə elementi
QSATQ	qeyri-sinxron avtomatik təkrar qoşma
QYT	qazanın yükünün tənzimləyicisi
QQAY	qısaqapanma zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə
MAGT	mərkəzi avtomatik gərginlik tənzimləyicisi
MATT	mərkəzi avtomatik tezlik tənzimləyicisi
MCM	maksimal cərəyan mühafizəsi
MHE	məlumatların hesablama emalı
MƏƏ	mənfi əks əlaqə

MsƏƏ	müsbət əks əlaqə
NM	nəzarət məntəqəsi
OƏQ	obyektlə əlaqə qurğusu
OİK	operativ-informasiya kompleksi
OLƏX	optik lifli əlaqə xətti
ÖO	ölçü orqanı
ÖSATQ	öz-özünə sinxronizmləşən avtomatik təkrar qoşma
PGƏV	planlaşdırılmış gücün əl ilə vericisi
PKGƏV	plandan kənar gücün əl ilə vericisi
PT	proqram təminatı
PTG	planlı tapşırıq gücləri
RM	rele mühafizəsi
RGPQ	reaktiv gücün paylanma qurğusu
SES	su-elektrik stansiyası
SG ATQ	sinxronizmi gözləyən avtomatik təkrar qoşma
SKB	statik kondensator batareyası
SSA	sahə söndürən avtomat
ST ATQ	sinxronizmi tutan avtomatik təkrar qoşma
SİAY	statik ifrat yüklənmə zamanı avtomatik yüksüzləşdirmə
TAD	təsirlərin avtomatik dozalaşdırılması
TYMA	tezliyin yüksəlməsinin məhdudlaşdırılması avtomatikası
TAGÜT	tezliyin və aktiv gücün ümumstansiya tənzimlənməsi
TAİQ	teleavtomatik idarəedici qurğu
TAT	təsirlənmənin avtomatik tənzimlənməsi
TATQ	tezlikdən avtomatik təkrarqoşma

TB	Telebloklama
TAMA	tezliyin azalmasımım məhdudlaşdırılması avtomatikası
TƏAT	transformasiya əmsalının avtomatik tənzimləyicisi
TGKT	tezliyin və güc axınlarının kombinə edilmiş tənzimləyicisi
TGMATS	tezliyin və güc axınlarının mərkəzləşdirilmiş avtomatik tənzimləmə sistemi
TGÖÇ	turbogeneratorların ölçü çeviriciləri
TGRAT	tezliyin və gücün rəqəmsal avtomatik tənzimlənməsi
Tİ	teleidarəetmə
TİAT	tezliyin ikinci avtomatik tənzimləyiciləri
TİG	texniki-iqtisadi göstərici
TİM	turbini idarəetmə mexanizmi
TK	tezlik korrektoru
TT	teletənzimləmə
TTM	tezlik tənzimləyicisi mexanizmi
TV	tezlik vericisi
TYA	tezlikdən yükaçma avtomatikası
TYT	turbinin yükünün tənzimləyicisi
TÖ	teleölçmə
TS	telesiqnalizasiya
TP AİS	texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi
ÜATQ	üçfazalaı avtomatik təkrar qoşma
ÜPT	ümumsistem proqram təminatı
VES	vahid enerji sistemi
VÖA	verilənlərin ötürülmə aparatı
YAT	yük altında tənzimləmə
YMƏ	yumşaq mənfi əks-əlaqə

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

1. Yusifbəyli N.A. Elektrik sistemlərində keçid prosesləri, AzTU, “Maarif” nəşriyyatı, bakı, 2008.
2. Yusifbəyli N.A. Elektroenergetika sistemlərinin yeni fəaliyyəti və inkişafı şəraitində dispetçer idarəçiliyi məsələlərinin əsasları. Bakı, “ELM” nəşriyyatı, 2004.
3. Юсифбейли Н.А. Системно-информационный подход для построения эффективной структуры диспетчерского управления.//Электричество, №2005, с.15-18.
4. Юсифбейли Н.А. Электрической способ оперативной оценки устойчивости энергосистем./Техническая электродинамика, №/2004, с.15-18.
5. Hüseynov A.M. Elektrik stansiyalarının və elektroenergetika sistemlərinin avtomatikası. Dərs vəsaiti, Mütərcim, Bakı, 2005.
6. N.A.Yusifbayli, H.B.Guliyev. Intelligent Control System of Voltage Regimes in the Electrical Networks. IEEE PES Innovative Smart Grid Europe 2011, December 5-7 Manchester, United Kingdom.
7. N.A.Yusifbayli, H.B.Guliyev. Intelligent Voltage Regulation on Base of Fuzzy Sets Theory. The 12th International Conference on Pobabillstic Methods Applied to Power Systems. PMAPS 2012, 10-14th June 2012, Istanbul, Turkey. p.447-453.
8. Г.Б.Гулиев, Н.Р.Рахманов. Регулятор нечеткой логики для управления реактивной мощностью и напряжением в сетях с распределенной генерацией. Регулятор нечеткой логики для управления реактивной мощностью и напряжением в сетях с распределенной генерацией. с.47-52.
9. Janka E., Kithisti L., Jianzhong W., Akihiko Y., Nick J. Smart Gird. Technology and applications Wiley&Sons, Ltd, publication, India, 2012.

10. Барзам А.Б. Системная автоматика. – М.: Энергоатомиздат, 1994.
11. Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем. Издательский дом МЭИ. М., 2006.
12. Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Автоматика энергосистем. - М.: Электроатомиздать, 1991.
13. Богуславский Л.А., Ковалев В.Д., Шевченко А.Е. Устройство противоаварийной автоматики для сохранения устойчивости параллельной работы электростанций // Электрические станции. – 1985. -№10.
14. Борцов Ю.А., Приходко И.А., Юрганов А.А. Экспериментальное исследование нечеткого стабилизатора возбуждения синхронного генератора // электротехника. – 1999. - №3.
15. Бушмарина Е.А., Фадеев А.Д., Шеремет А.А. Микропроцессорный автоматический синхронизатор // Электротехника, 1996. №9.
16. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. – М.: Энергоиздат, 1981.
17. Воропай Н.И., Этингов П.В. Развитие методов адаптации нечетких АРВ для повышения устойчивости сложных электроэнергетических систем// Электричество. 2003. №11.
18. Глебов М.А. Системы возбуждения мощных синхронных машин. Л.: Наука, 1972.
19. Гоник Я.Е., Иглицкий Е.С. Автоматика ликвидации асинхронного режима. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
20. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Окин А.А. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
21. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. Пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2000.

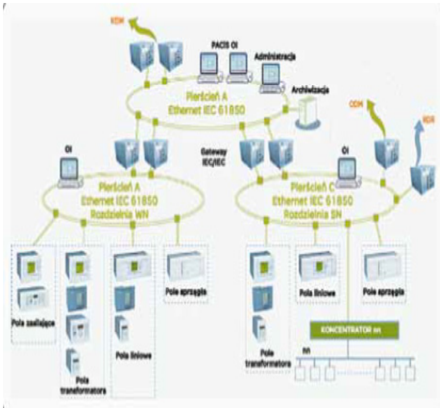
22. Дьяков А.Ф., Окин А.А., Семенов В.А. Диспетчерское управление мощными энергообъединениями. – М.: Издательство МЭИ, 1996.
23. Иерархические система противоаварийной автоматики сети 500кВ ОЭС Повольжя /В.И. Берединов, Э.Я. Биргель, В.Д. Ковалев и др. // электротехника. – 1996. - №9.
24. Информационное обеспечение диспетчерского управления в электроэнергетике / Ю.А. Алимов, А.З. Гамм, Г.Н. Ополева и др. Новосибирск: Наука, 1985.
25. Карпов В.А. Принципы построения АСУ ТП общестанционного уровня ГЭС (ГАЭС) // Автоматическое регулирование и управление в энергосистемах: Тр. ВЭИ. М.: Энергоатомиздат, 1983.
26. Ковалев В.Д. Иерархические системы противоаварийного управления // Электротехника. – 1985. - №9.
27. Ковалев В.Д. Суханов О.А., Ковалев С.В. Распределенные системы противоаварийного управления протяженными энергосистемами // Электротехника . – 1996. -9.
28. Кузнецов А.Н. Программное обеспечение устройства противоаварийной автоматики с применением микро ЭВМ // Электротехника. – 1985. -№9.
29. Маркушевич Н.С. Автоматизированная система диспетчерского управления / Из опыта Латвийской энергосистемы. М.: Энергоатомиздат, 1986.
30. Микропроцессорные средства управления энергетическими комплексами МС АЭК для автоматизации Волжской ГЭС / В.Д. Ковалев, А.Н. Кузнецов, В.Н. Орлов и др. // Электротехника. – 1996. -№9.
31. Овчаренко Н.И. Автоматика Электрических станций и электроэнергетических систем. – Москва, «Издательство НЦ ЭНАС», 2003.
32. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем. Москва, Издательский дом. МЭИ, 2009.

33. Овчаренко Н.И. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств энергосистем. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2004.
34. Окин А.А. Противоаварийная автоматика. – М.: Издательство МЭИ, 1995.
35. Окин А.А., Семенов В.А. Противоаварийные управления в ЕЭС России / Под ред. А.Ф. дьякова. – М.: Издательство МЭИ, 1996.
36. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления в объектами тепловых электростанций. М.: Издательство МЭИ, 1995.
37. Пограммно-технической комлекс дозировки управляющих воздействий энергосистем / А.К. Белотелов, Е.Л. Россовский, И.З. Глускин и др. // Электрические станции. - 1997. -№10.
38. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. – М.: Энергия, 1980.
39. Руководящие указания по противоаварийной автоматике энергосистем (основные положения). – М.: Соютехенерго. 1987.
40. Семенов В.А., ГладышевВ.А., Беркович М.А. Автоматика энергосистем. М.: «Энергия», 1980.
41. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
42. Соловев И.И. Автоматические регуляторы синхронных генераторов. М.: Энергоиздат, 1981.
43. Унифицированное микропроцессорное устройство управления мощностью крупных турбогенераторов / В.С.Мельников, Ю.В. Чугунников, Э.М. Провотарь и др.//Электротехника. -1996. -№9.
44. Управление мощными эненергообъединениями / Под ред. С.А. Совалова. –М.: Энергоатомиздат, 1984.

45. Электрические системы Автоматизированные системы управления режимами энергосистем / В.А. Богданов, В.А. Веников, Я.Н. Лугинский и др.; Под ред. В.А. Веникова. – М.: высшая школа, 1979.
46. Электрический справочник. В.4 т. Т.З. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. Ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др.; гл. ред. А.Н. Папов. 8-е изд., испр. И доп. М.: Издательство МЭИ, 2002.
47. Юрганов А.А., Кожевников В.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. СПБ.: Наука, 1996.
48. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических систем электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М., Стандартинформ, 2014, 18 с.

ƏLAVƏ

"Schneider Electric" – Nəzarət, mühafizə və idarəetmə qurğuları (PACiS - Protection, Automation & Control integrated Solution)



• Siqnalizasiya və məsafədən idarəetmə
• Atomatikanın müxtəlif funksiyalarının realizasiyası
• Ölşmə verilənlərinin emalı
• Paylanmış struktur
• Çevik topologiya
• BEK 61850 100 MB/san sistem şini - STP6 və ya optik - lifli kabel, Müştəri-Server qarşılıqlı əlaqəsi, GOOSE vəziyyəti, müxtəlif istehsalçıların qurğularının inteqrasiyası.
• Verilənlərin formatlarının konversiyası - SSiN
• Proqramlı imitatorların köməyi ilə avadanlıqların işinin sınanmasının mümkünlüyü
• Verilənlərin ötürülməsinin müxtəlif interfeysləri
• Bütün növ stansiya və yarımstansiyalar üçün nəzarət və monitorinq

Stansiya kontrolleri, qoşulma kontrolleri, kommunikasiya konsentratoru, protokollar konvertoru
MiCOM C264 C / MiCOM C264 P



• İdarəetmə və siqnalizasiya dörələri
• Diskret girişlərə üzrə impulslar sayının hesablanma imkanı
• Ölçü gərginlik və cərəyan transformatorlarının birbaşa girişləri
• 0-20 mA ölçü çeviricisi
• BEK 61131-3 standartı üzrə avtomatika funksiyalarının müxtəlif ardıcıllığı imkanı, kommutasiya aparatlarının əməliyyat bloklanmasının realizasiyası

• Əlavə edilmiş sinxronizmə nəzarət atomatikası və transformatorun gərginliyinin tənzimləyicisi
• 2000 vəziyyətin yazılması
• Modbus, BEK 60870-5-101, BEK 60870-5-103, BEK 60870-5-104, DNP 3.0, UCA-2, BEK 61850 protokollarına xidmət
• Elektrik və optik interfeyslər
• PACiS-in müstəqil və ya sistem elementi kimi işi
• SSiN (WindEX, SYNDIS, DYSTER, PRINCE və s.) sistemləri ilə birgə işləmə
• Əsas mühafizə funksiyalarının realizasiyası mümkünlüyü
• Analoq çıxışlarş

Tətbiqi
• Bütün sinif gərginlikli yarımstansiyalar üçün monitorinq, qeydiyyat, nəzarət və idarəetmə funksiyalarının realizasiyası
• Sinxronizmə nəzarət funksiyası ilə qoşulma (xana) kontrolleri
• Transformatorun gərginlik tənzimləyicisi
• Protokollar konsentratoru (gateway)
• Ehtiyat mühafizələr
• Stansiya kontrolleri – komutasiya aparatlarının bloklanmasını nəzərə almaqla idarəetmə funksiyası, tənzimləmə funksiyası, müxtəlif birləşmələrin komutasiya aparatlarının bloklanması funksiyasının realizasiyası
• Mini HMI – LCD indikatorunda stansiya/yarımstansiya sxemlərinin vizualizasiyası
• Yuxarıda qeyd olunanların istənilən kombinasiyası

PACiS Gateway



Tətbiqi
• PACiS sistem şini və dispetçer idarəetmə sistemi arasında qarşılıqlı əlaqə

Mühafizə və avtomatika
• Verilənlərin toplanması, təkrar emalı və ötürülməsi

• Avtodiaqnostika və verilənlərin ötürülməsinin müşahisə olunması
• Коммуникация по стандарту V.24 və 802.3 standartı üzrə kommunikasiya: Slave DNP3, Modbus RTU, BEK 60870-5-101, BEK 60870-5-104, GI74, OPC, Server/Client МЭК61850
• 4 eyni işi yerinə yetirən (təkrarlanan) əlaqə portalı
• Zaman üzrə sinxronizasiya
• Paralel işləmə mümkünlüyü (ehtiyatlandırma)
• İş rejiminin monitorinqi - məsafədən/yerli, «təmir işləri»
• Fırlanan elementləri olmayan kompüter, təhlükəsiz gərginlik hədlərində qidalanma
• Windows proqram təminatı
Embedded

Operator postu
(SUI - System User Interface)



Tətbiqi və funksiyaları
• Yüksək və orta gərginlikli qurğularda və həmçinin energetikanın müxtəlif sahələrində olan qurğularda məsafədən idarəetmə məntəqəsi
• Paylanmış strukturlu sistemlərdə bir neçə idarəetmə məntəqəsinin yaradılması mümkünlüyü
• US-CERT sertifikatlı NERC CIP standartı üzrə kiber-təhlükəsizlik (avtorizə edilmiş giriş, viruslardan mühafizə sistemi, daxil olmanın idarə olunması, parol ilə 4 səviyyəli mühafizə
• Çox sistemlərlə, məsələn, XP/Server/Seven/32 bits ilə uyğunlaşma.
• OPC strukturundan istifadə etməklə layihələndirilmişdir.
• Hesabatların yaradılma mümkünlüyü.
• Qəza siqnalizasiyası və vəziyyətlər süzgəclərinin sazlanma mümkünlüyü.
• Qrafik interfeysin on-line konfiqurasiyası mümkünlüyü.
• Dilin çoxluğu, müxtəlif lisenziya variantları WEB Server interfeysi.

Məhsuldarlığın artırılması

• 50000 - dən yuxarı verilənlərdən ibarət obyektlər

• "İsti ehtiyatlandırma" rejimi - verilənləri itirmədən ehtiyat kompüter ilə monitorinq funksiyasının ələ keçirilməsi

• Real zaman rejimində 5000 verilən/san informasiyanın toplanması və saxlanması

• Real zaman rejimində 1000 ölçü informasiyasının toplanması və saxlanması

• 12-yə qədər verilənlər serveri (ehtiyalandlırılmış)

• Verilənlər serverində 64-ə qədər qrafik interdeys

Qrafikin inkişaf əlamətləri

• Energetik standartlara uyğun olaraq qrafik kitabxana

• Real zaman diaqramları (XY sütün diaqramları)

• Detallaşdırmanın tənzimlənən səviyyəsi - zooming / cluttering, təsirlərin dərəcələnməsi

• çoxlaylı təsvir və animasiya

• modelləşdirmə aləti

• fərdi proqram skriptlərinin yaradılma mümkünlüyü

Digər komponentlər

• Verilənlərin avtomatik təkrar emalı (Access/Excel/SQL)

• ölçmə hesablamaları

• real zaman rejimində xarakteristikaların analizi - X/Y – sütunlu, loqarifmik/dairəvi diaqram

• SNMP konfiquratoru, inteqrə olunmuş qrafik

Maksimal cərəyan relesi -
MiCOM P120 / MiCOM P121

Funksiyalar: 50/51, 50N/51 N



Tətbiqləri

• Yüksək və orta gərginlikli qurğularda, həmçinin yüksək və orta gərginlikli transformatorların mühafizəsi üçün tətbiq olunan maksimal cərəyan mühafizəsi və sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları
P120:
• Maksimal cərəyan mühafizəsi, birfazalı və ya sıfır ardıcıllıqlı mühafizə, asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli üçpilləli mühafizə, Ferrantie ölçü transformatorları ilə və ya Holmgreen sistemində işləmə ("sıfır məftili"ndə qoşma)
P121:
• Fazalararası qısaqapanmadan üçfazalı, üçpilləli, asılı olmayan və tərs asılı dözmə müddətli maksial cərəyan mühafizəsi, Ferrantie ölçü transformatorları ilə və ya Holmgreen sistemində işləmə

Ölçmə
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan

Digər funksiyaları
• 1-ci qrup qoyuluş qiyməti
• Açarın idarə olunması
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• Mühafizənin bloklanması logikası (məsələn, LZŞ üçün)
• Köməkçi cıxışlara dəstək
• Rəqəmsal proqramlaşdırılan girişlər, rele çıxışları və işıq diodlar, 2 giriş/4 çıxış
• RS-485/ RS-232 standartı üzrə əlaqə
• Verilənlərin ötürülməsi protokolu: Courier, Modbus, МЭК 60870-5-103 и DNP 3.0
• Yazılma:
  - Hadisə -250
  - Osilloqram -25 (3 san üzrə 1600 Hs)
  - Qəza – 25
  - Açılmalar – 5 (indikator)

Birləşmələrin cərəyan mühafizələri -
MiCOM P122 / MiCOM P123

Funksiyaları: 50/51, 50N/51 N, 37,49,46, 46C, 50 50BF, 79, 74TCS, 50HS



Tətbiqləri

• Yüksək və orta gərginlikli qurğularda, həmçinin yüksək və orta gərginlikli transformatorların mühafizəsi üçün tətbiq olunan maksimal cərəyan mühafizəsi və sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları

• Fazalararası zədələnmələrdən üçfazalı, üç pilləli asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli maksimal cərəyan mühafizəsi
• Yerlə qapanmadan asılı olmayan və tərs asılı dözmə müddətli üç pilləli mühafizə
• Bir sabit dözmə müddətli artıq yüklənmədən mühafizə
• Bir pilləli minimal cərəyan mühafizəsi
• Asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli əks ardıcıllıqlı maksimal cərəyan mühafizəsi

Ölçmələr

• Faza cərəyanları
• Düz, əks və sıfır ardıcıllıqlı cərəyanlar
• Obyektin istilik vəziyyəti

Digər funksiyaları

• Dörd tsiklə qədər ATQ
• 2 qrup qoyuluş qiymətləri
• Açarın idarə olunması
• Çıxış relelərinə nəzarət
• Açarların vəziyyətinə nəzarət
• AİEQ (УРОВ)
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• 2-ci harmonika üzrə bloklama
• Mühafizənin bloklanma məntiqi (məsələn, LZŞ üçün)

• Köməkçi çıxışlara dəstək
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər, çıxış releləri və işıq diodları:
  - P122 3 giriş / 6 çıxış
  - P123 5 giriş / 8 çıxış
• RS-232/RS-485 üzrə kommunikasiyalar
• Verilənlərin ötürülməsi protokolları: Courier, Modbus,МЭК 60870-5-103
• Yazılma:
  - 250 hadisə
  - 25 qəza
  - 25 osilloqram (3 san üzrə 1600 Hs)
  - 5 açılma

Kompakt maksimal cərəyan mühafizəsi -
MiCOM P122C

Funksiyaları: 50/51, 50N/51 N, 37,49,46, 46BC, 50 50BF, 79, 74TCS, 50HS, CTS



Tətbiqləri
• Müəssisələrin elektrik qurğuları
• Sənaye şəbəkələri
• YG və OG qurğuları
• YG və AG transformatorları

Mühafizə və avtomatika funksiyaları
• Asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli MCM
• Asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli üç pilləli SACM
• İstilik ifrat yüklənmədən mühafizə
• Faza qeyri-simmetrikliyindən/faza qırılmasından mühafizə
• Yükün itməsindən mühafizə
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• Çıxış açma relelərinin ələ keçirilməsi
• AİEQ (УРОВ)
• Açarın parametrlərinə nəzarət
• Açma dövrəsinin tamlığına nəzarət

• Zədələnməyə qoşulma
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• birinci qoşulma
• Çıxış kontaktlarının test rejimi

Ölçmələr və yazılma
• IA, IB, IC, IN, Is1, Is2, Is2/Is1, f,□Θ
• Cərəyanların pik və orta qiymətləri
• Hadisələrin, osilloqramların və zədələnmə parametrlərinin yazılması

Əlaqə protokolları:
• Modbus RTU və BEK 60870-5-103

Ölçü cərəyan transformatorlarından və ya əməliyyat cərəyanından qidalanma
Komplekt maksimal cərəyan mühafizəsi -
MiCOM P116

Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 37, 49, 46, 46BC, 50BF, 79, 74TCS



Tətbiqləri
• YG və OG qurğularında tətbiqi və YG və AG transformatorlarının mühafizəsi üçün ikiqat qidalanma ilə maksimal cərəyan mühafizəsi, sıfır ardıcıllıqlı faza və cərəyan mühafizəsi
• Etibarsız əməliyyat cərəyan mənbəyi ilə və ya onsuz quraşdırılma

Mühafizə funksiyaları
• Fazalar arası zədələnmələrdən asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı üç pilləli maksimal cərəyan mühafizəsi
• Asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı üç pilləli sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• Bir qızma zaman sabitli artıq yüklənmədən mühafizə
• Minimal cərəyan mühafizəsi, 1 pillə

• Asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı maksimal cərəyan mühafizəsi

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan

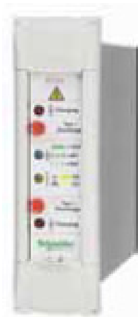
Digər funksiyaları
• Səyyar işləmə: cərəyan dövrələrindən və/və ya əməliyyat cərəyan mənbəyindən qidalanma
• Dörd tsiklə qədər ATQ
• 2 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açarın idarə olunması
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• Minimal cərəyan mühafizəsi meyarı ilə AİEQ avtomatika
• Natamam faza rejimindən mühafizə (məftilin qırılmasından)
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• Mühafizənin bloklanma məntiqi (məsələn, LZŞ üçün)
• Çıxış relelərinin ələ keçirilməsi
• Elektromaqnit işləmə göstəricisi
• Köməkçi gərginlik olmayan halda aşağıdakıların vasitəsilə açarın açılması:
  - açarın həssas elektromaqnit idarəetməsi ilə birlikdə işləyən daxili açma çıxışı (sifariş üzrə: 24VDC və ya 12VDC
  - açarın ənənəvi elektromaqnit idarəetməsi ilə işləmək üçün nəzərdə tutulmuş ayrılıqda mikroprosessorlu akkumulyator MiCOM E124.
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər, rele çıxışları və LED diodları, 6 giriş/7çıxış.
• USB i RS485 standartı üzrə kommunikasiya
• Əlaqə protokolları: Modbus və BEK 60870-5-103

Yazılma
• hadisələr — 200
• osilloqramlar — (1600 Hs, 7 san)

SƏYYAR MAKSIMAL CƏRƏYAN MÜHAFIZƏSI - MiCOM P115

Fnksiyalar: 50/51, 50N/51 N, 37,49,46, 46BC, 50 50BF, 79, 74TCS





E124 kondensator bloku

Tətbiqləri

• OG qurğularda tətbiq üçün faza və sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəli maksimal cərəyan mühafizəsi

• Əməliyyat cərəyanının itmə təhlükəsinə məruz qalan və ya əməliyyat cərəyan mənbəyi olmayan qurğular

• YG/OG transformatorlarının ehtiyat mühafizəsi

Açar ilə birgə işləmə

• Yalnız ölçü cərəyan transformatorundan qidalanma zamanı aşağıdakı yollar ilə açarın açılması:

- yeni açarlar üçün opcional avadanlıq olan cərəyan elektromaqniti ilə işləmə.
- Açarın yüksək həssaslıqlı idarəetmə elektromaqniti ilə açarı açan P115 xüsusi çıxışı (24VDC 0,1J) (yeni açarların opcional avadanlığı).
- Schneider Electric məhsulu olan E124 Schneider Electric kondensator bloku ilə birgə işləmə (köhnə tip açarlar üçün)
- Schneider Electric-in ayrıca məhsulu olan (köhnə tip açarlar üçün) Striker K1 tipli (açar ilə mexaniki birləşmə) xarici sarğac ilə işləyən P115 (12VDC 0,02mJ) xüsusi çıxışı

Mühafizə funksiyaları

• Fazalararası zədələnmələrdən asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı iki pilləli maksimal cərəyan mühafizəsi

• Asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı iki pilləli sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi

• Asılı olmayan zaman xarakteristikalı əks ardıcıllıqlı maksimal cərəyan mühafizəsi
• Asılı olmayan zaman xarakteristikalı xarici mühafizələrdən (AUX1 və AUX2) siqnalların qəbulu

Ölçmələr
• Əlaqə interfeysi vasitəsilə əl çatan ölçmələr (indikator yoxdur)
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan

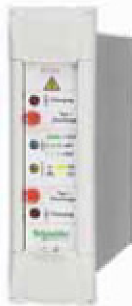
Digər funksiyalar
• Səyyar iş: cərəyan dövrələrindən və ya əməliyyat cərəyan mənbəyindən qidalanma
• İki qrup qoyuluş qiymət
• AİEQ avtomatikası (minimal cərəyan mühafizəsi meyarı)
• P115 qabaq idarə panelindən və/ə ya RS485 vasitəsilə açarın idarə olunması
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• Binar girişlərdən mühafizənin məntiqi bloklanması (şinin məntiqi mühafizəsi)
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər (2 giriş), çıxış releləri (4-ə qədər çıxış) və işıq diodları LED (6 diod)
• USB (lokal) və RS-485 (məsafə) standartı üzrə əlaqə
• Ötürmə protokilları: Modbus, IEC60870-5-103

Yazılma
• Hadisələr – 100 san zaman əlaməti ilə
• Vaxtı göstərməklə 5 açılmaya qədər ölçü qiyməti olan açılma jurnalı.

Kombinə edilmiş qidalanma ilə cərəyan mühafizələri - MiCOM P114D

Funksiyaları: 50/51, 50N/51 N





Tətbiqləri

• OG qurğularında tətbiqi üçün faza və sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi ilə maksimal cərəyan mühafizəsi
• əməliyyat cərəyanının itmə təhlükəsinə məruz qalan və ya əməliyyat cərəyanı mənbəyi olmayan qurğular
• YG/OG transformatorların ehtiyat mühafizəsi

Açar ilə birgə işlmə

Yalnız ölçü cərəyan transformatorlarından qidalanma zamanı aşağıdakı yollarla açarın açılması:
• Yeni açarlar üçün opsional avadanlıq olan açarın cərəyan elektromaqniti işləmə.
• Açarın yüksək həssaslıqlı idarəetmə elektromaqniti ilə açarı açan P115 xüsusi çıxışı (24VDC 0,1J) (yeni açarların opcional avadanlığı).
• Schneider Electric məhsulu olan E124 Schneider Electric kondensator bloku ilə birgə işləmə (köhnə tip açarlar üçün)
• Schneider Electric-in ayrıca məhsulu olan (köhnə tip açarlar üçün) Striker K1 tipli (açar ilə mexaniki birləşmə) xarici sarğac ilə işləyən P115 (12VDC 0,02mJ) xüsusi çıxışı

Mühafizənin funksiyaları

• Fazalararası zədələnmələrdən asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı iki pilləli maksimal cərəyan mühafizəsi
• Asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı iki pilləli sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi

Ölçmələr

• Əlaqə interfeysi vasitəsilə əl çatan ölçmələr (indikator yoxdur)
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan

Digər funksiyalar
• Səyyar iş: cərəyan dövrələrindən və ya əməliyyat cərəyan mənbəyindən qidalanma
• DIP tipli çevirgəc vasitəsilə qoyuluş qiymətinin qoyulması
• DIP- switch və ya MiCOM S1vasitəsilə giriş/çıxışin konfiqurasiyası
• RS-485 vasitəsilə açarın idarə olunması
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• Binar girişlərdən mühafizənin məntiqi bloklanması (şinin məntiqi mühafizəsi)
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər (2 giriş), çıxış releləri (4-ə qədər çıxış)
• USB (lokal) və RS-485 (məsafə) standartı üzrə əlaqə
• Ötürmə protokilları: Modbus, IEC60870-5-103
• Açarın idarə elektromaqniti üçün xüsusi cərəyan çıxışı.

Yazılma
• Hadisələr – 100 san zaman əlaməti ilə
• Vaxtı göstərməklə 5 açılmaya qədər ölçü qiyməti olan açılma jurnalı.

İstiqamətlənmiş SACM -
MiCOM P125

Funksiyaları: 50N/51N, 67N, 32N, 59N



Tətbiqləri
• YG və OG qurğularında tətbiqi və YG və AG transformatorlarının mühafizəsi üçün ikiqat qidalanma ilə maksimal cərəyan mühafizəsi, sıfır ardıcıllıqlı faza və cərəyan mühafizəsi

Mühafizənin funksiyaları
• Fazalar arası zədələnmələrdən asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı üç pilləli maksimal cərəyan mühafizəsi
• Peterson sarğacı ilə (izolə olunmuş neytrallı şəbəkələrdə qövssöndürücü reaktor) birgə işləmək üçün iki pilləli sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginlik üzrə mühafizə

Ölçmələr
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginlik

Digər funksiyalar
• Açarın idarə olunması
• Mühafizənin məntiqi bloklanması
• Çıxış relelərinin ələ keçirilməsi
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal irişlər, rele çıxışları və LED diodları, 4 giriş, 6 çıxış
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya
• Verilənlərin ötürülmə protokolları: Modbus, Courier, BEK60870-5-103, DNP 3.0.

Xəttin çoxfunksiyalı istiqamətlənmiş mühafizəsi - MiCOM P126 / MiCOM P127
Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 67, 67N, 37, 49, 46, 46BC, 50BF, 79, 32N, 27, 59, 59N, 74TCS, 81, 81R, 32F, 51V, VTS



Tətbiqləri
• OG qurğularında çıxan xətlər və qidalandırıcı birləşmələr üçün, həmçinin YG avadanlıqları üçün ehtiyat mühafizə kimi universal üçfazalı istiqamətlənmiş MCM.

Mühafizənin funksiyaları
• Fazalararası zədələnmələrdən üç pilləli (P127 üçün üç pilləli) asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı (istiqamətlənmiş P127) istiqamətlənmiş MCM
•Üç pilləli asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• İki pilləli sıfır ardıcıllıqlı güc mühafizəsi (Peterson sarğaclı sistem üçün – kompensasiya olunmuş neytrallı)
• Minimal cərəyan mühafizəsi – bir pillə
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginlik üzrə mühafizə (P127)

• Asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı sıfır ardıcıllıqlı gərginlik üzrə mühafizə
• Bir zaman abitli artıq yüklənmədən mühafizə
• Gərginliyin azalmasından iki pilləli mühafizə (P127)
• Gərginliyin yüksəlməsindən iki pilləli mühafizə (P127)
• Tezlik üzrə maksimal və minimal təsirli mühafizə (P127)
• Gücün istiqaməti üzrə mühafizə (P127)
• Tezliyin dəyişmə sürətindən işləyən mühafizə (P127).

Ölçmələr
• Cərəyan və gərginlik
• Cərəyan və gərginliyin mürəkkəbələri
• Orta və maksimal qiymətlər
• İstilik yükləri, %-lə

Digər funksiyalar
• Dördə qədər tsiklli ATQ
• 8 qrup qoyuluş qiyməti
• Açarın parametrlərinin diaqnostikası
• Açarın məsafədən və yerli idarəetməsi
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• AİEQ
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• 2-ci harmonika üzrə bloklama
• Məntiqi mühafizə bloklanması
• Məntiqi selektiv açma
• Çıxış relelərinin yoxlanması
• Rele çıxışlarının ələ keçirilməsi
• Proqramlaşdırılan pəqəmsal girişlər və çıxışlar: 7 giriş/8 çıxış
• Əlavə olaraq 5giriş— seçmə üzrə
• Çevrilmiş məntiqi funksiyalar: AND, OR, AN, NOT, OR NOT tipli 16 operator üzrə 8 funksiya
• 0,5 dəqiqlik sinifli ölçü transformatorları – seçmə üzrə
• Modbus protokolu üzrə RS-485 ikinci portu – seçmə üzrə
• IRIG-B vasitəsilə zamanın sinxronlaşdırılması-seçmə üzrə

• RS-232 (lokal) və RS-485 (sistemdə) standartına uyğun olaraq kommunikasıya
• Verilənlərin protokolları: Modbus, BEK 60870-5-103 və DNP3.0

Yazılma
• qəza rejimləri – 25 (3 san üzrə 1600 Hs)

Maksimal cərəyan mühafizələri - MiCOM P111
Funksiyalar: 50N/51N, 50/51, 67N/67YN, 26/38, 79





Kipləşdirilmiş montaj
TS35 şinində montaj versiyası
versiyası üçün

Tətbiqləri
• Texniki xarakteristikalarını və qiymətini nəzərə alaraq P111 seriyalı mühafizə ailəsini həm orta və həm də alçaq gərginlikli qurğularda tətbiq etmək olar (xüsusilə əlaqə funksiyası tələb olunan yerlərdə). P111 -nin əhatəli texniki xarakteristikaları və sazlanma üsulu istismar təlimatında verilir. A, B, E, D, G, H, R tərkibində. Ayrı-ayrı modulların xarakteristikaları və xüsusiyyətləri cədvəldə verilir.

Xüsusiyyəti
• Bir, iki və üçfazalı müxtəlif tipli şəbəkələrdə işləməsi.
• 10-250Hs tezlik hədlərində cərəyanın effektiv qiymətinin ölçülməsi
• Mühafizə funksiyaları (Cədvəl 14.1-ə bax)
• Mühafizənin açmaya və ya siqnala konfiqurasiyalılığının mümkünlüyü

• Modbus RTU (seçmə üzrə) protokolunda RS 485 əlaqəsi (kommunikasiya)
• Lokal və ya məsafədən olaraq kontaktorun və ya açarın idarə olunması.
• Sərbəst proqramlaşdırılan çıxış relesi (əsas versiyada 2 və ya əlavə olaraq seçmə üzrə 2)
• Çıxış relelərinin (P2, P3) proqramlaşdırılan ələ keçirilməsi
• Proqramlaşdırılma imkanı olan girişlər (əsas variantda S1-S2 və T1-T2, seçmə üzrə V1-C, V2-C,V3-C, V4-C)
• Mühafizənin işə düşməsini və işləməsini əks etdirən LED diodları.
• Dördqiymətli LED indikatoru
• Mühafizənin qoyuluş qiymətini və konfiqurasiyasını daxil etmək üçün düyməli klaviatura.
• DIN şinində montaj üçün 35 mm və ya kipləşdirilmiş iki tip gövdə (kipləşdirilmiş montaj üçün yalnız gövdədə R modeli).

MiCOM P132
Maksimal cərəyan mühafiəsi və gərginliyk üzrə mühafizə çoxfunksiyalı rele
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 67, 67N, ADMIT, 37, 49, 46, 50BF, 79 (3), 32N, 27, 59, 47, 27D, 59N, 32R/32(F), 81O, 81U, 81R, 51V, 26/38 (R), 48, 50S/51LR, 66, 74TCS



Tətbiqləri
• Fazalı maksimal cərəyan mühafizəsi
• YG və OG qurğularda çıxan xətlər, qidalandırıcı və transformator birləşmələri üçün sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• YG xətləri üçün yerlə qapanmadan ehtiyat mühafizə

Mühafizə funksiyaları
• Maksimal cərəyan mühafizəsi:
  - asılı olmayan dözmə müddətli, üç pilləli, ayrılıqda faza cərəyanları və I_0 üçün;

- tərs asılı dözmə müddəti, ayrılıqda faza cərəyanları və I_0 üçün.

• İstilik ifrat yüklənmədən mühafizə (istilik modeli)
• Mühərrikin mühafizəsi
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• Gərginliyə görə maksimal və minimal təsirli mühafizə
• Güc istiqaməti orqanı
• Vattmetr və geçiricilik üzrə yerlə qapanmadan mühafizə
• Tezlik üzrə mühafizə: f, df/dt, Δf/Δt

İdarəetmə funksiyaları
• İdarəetmə və nəzarət 3 aparat, 6 düymə
• Əlavə siqnal və ölçmə qiymətləri nəzarəti
• Xana aparatlarının əməliyyat bloklanması
• 80-dan yuarı konfiqurasiya sxemləri

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Faza və fazalararası gərginliklər
• Aktiv və reaktiv güclər
• Aktiv və reaktiv enerji

Digər funksiyalr
• Avtomatik təkrar qoşma
• AİEQ
• Qısaqapanmaya qoşulmanın məntiqi müşahidəsi
• Sərhəd qiymətlərinə görə siqnalizasiya
• Telecəldləşdirmə üzrə işləmə
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Cərəyan və gərginlik dövrələrinə nəzarət
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• Proqramlaşdırılan məntiqi işləmə
• Proqramlaşdırılan girişlər, çıxışlar, işıq diodları
• МАКС. 16x giriş / 30 x çıxış
• 3 əlaqə portu (seçmə üzrə)
• Əlaqə protokolları: ВЕК 60870-103 / -101 / Modbus / DNP 3.0 / МЭК 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
- Zədələnmə -8x200 hadisə
- İfrat yüklənmə – 8x200 hadisə
- Yerlə qapanma – 8x200 hadisə
- Osilloqram – 8 yazı (1 kHs)
- Açarın vəziyyətinə nəzarət

QEYD:
Gərginlikdən asılı olan funksiyalar (U>, U<, f<, f> və I> və IN> üçün istiqamətləndirmə ölçü gərginlik girişləri versiyası üçün əl çatandır.

P139
Rele mühafizəsi və xananın idarəetməsi universal qurğusu
Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 50BF, 67, 67N, ADMIT, 37, 49, 79 (3), 32N, 27, 59, 47, 27D, 59N
32R/32F (F), 81O, 81U, 81R, 51V, 26/38 (R), 48, 50S/51LR, 66, 25, 74TCS



Tətbiqləri
- YG və OG qurğularında tətbiq olunması üçün nəzarət və idarəetmə funksiyaları inteqrə olunmuş birləşmənin mühafizə komplekti

Mühafizə funksiyaları
- Fazalararası zədələnmələrdən üçpilləli asılı olmayan dözmə müddətli və birpilləli tərs asılı dözmə müddətli istiqamətlənmiş maksimal cərəyan mühafizəsi
- İstiqamətlənmiş SACM
- Minimal və maksimal təsirli tezlik relesi f, df/dt, Δf/Δt
- Cərəyanların təsiredici qiymətlərini ölçməklə mühərriklərin mühafizəsi üçün güc istiqamət relesi
- Əks ardıcıllıqlı cərəyan relesi
- Bir zaman sabitli ifrat yüklənmədən mühafizə
- Mehərrikin mühafizəsi (məsələn, ləngiyən işəsalma, işəsalmaların sayının məhdudlaşdırılması və s.)
- Yerlə qısaqapanmadan admitansion (keçiricilik üzrə) mühafizə

• Minimal gərginlik mühafizəsi və gərginliyin yüksəlməsindən mühafizə
• Qısaqapanmaya qoşulma halında işləmə müddətinin cəldləşdirilməsi
• Sinxronizmə nəzarət (seçmə üzrə)

İdarəetmə funksiyaları
• 6 aparatla idarəetmə
• 10 aparatla monitoring
• Əlavə siqnallara və ölçülmüş qiymətlərə nəzarət
• Xananın mnemosxemi
• Xananın məntiqi əməliyyat bloklanması
• Xanaların 200-dən yuxarı sxem nümunələri

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Gərginlik
• Güclər P, Q, S
• Enerji: aktiv və reaktiv
• İstilik yükü

Digər funksiyalar
• Atomatik təkrarqoşma
• 4 qrup qoyuluş qiyməti
• AİEQ
• Proqramlaşdırılan girişlər, çıxışlar, işıq diodları
• maksimal 64x giriş/ 26x çıxış
• 3 kommunikasiya portu: BEK 60870-103 / -101 / Modbus / DNP 3.0 **/МЭК 61850 (KEMA sertifikatı)**

Yazılma
• Zədələnmələr -8x200 hadisə
• İfrat yüklənmələr – 8x200 hadisə
• Yeürlə qapanma – 8x200 hadisə
• Osilloqram – 8 yazı (1 kHs)
• Açarın vəziyyətinə nəzarət

QEYD:
Gərginlikdən asılı olan funksiyalar (U>, U<, f<, f> və I> və IN> üçün istiqamətləndirmə ölçü gərginlik girişləri versiyası üçün əl çatandır.

MiCOM P141 / MiCOM P142 / MiCOM P143
Çoxfunksiyalı maksimal cərəyan mühafizəsi və gərginlik mühafizəsi
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 67, 67N, ADMIT, 49, 46, 46BC, 50BF, 79, 32N, 27, 59, 47, 81O, 81U, 81R, 51V, 64N/87N, 25, 60/VTS



Tətbiqləri
• MCM, Yüksək və orta gərginlikli qurğularda çıxan qidalandırıcı və transformator birləşmələrin mühafizəsi üçün sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları
• Fazalararası zədələnmələrdən dörd pilləli, istiqamətlənmiş asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı MCM
• Dörd pilləli, asılı olmayan və ya tərs asılı zaman xarakteristikalı istiqamətlənmiş SACM
• Yerlə qapanmadan admittansion (keçiriciliyə görə) mühafizə
• Transformatorlu sxemlərdə işləmək üçün məhdudlaşdırılmış SACM
• Sıfır ardıcıllıqlı güc mühafizəsi (Peterson sarğaclı sistem üçün – kompensasiya olunmuş neytrallı)
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginlik üzrə mühafizə
• Əks ardıcıllıqlı gərinlik üzrə mühafizə
• Əks ardıcıllıqlı istiqamətlənmiş cərəyan mühafizəsi
• Bir və ya iki zaman sabitli ifrat yüklənmədən mühafizə
• İki pilləli minimal gərginlik mühafizəsi və gərginliyin yüksəlməsindən mühafizə
• Tezliyə görə minimal və maksimal təsirli iki pilləli mühafizə

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Gərginlik

• Güclər P, Q, S
• Enerji: aktiv və reaktiv
• İstilik yükü

Digər funksiyalar
• ATQ tsiklləri – P142 və P143
• Sinxronizmə nəzarət – P143
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açılmaların statistikası
• Açarın idarəetməsi
• AİEQ
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• Cərəyan və gərginlik dövrələrinə nəzarət
• "Soyuq işəsalma" funksiyası
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər (256 blok AND / OR və taymerlər), rele çıxışları və işıq diodları LED
• P141 və P142 – 8 giriş / 7 çıxış
• P143 – 16 giriş / 14 çıxış
• RS232 və RS485 standartı üzrə kommunikasiya
• Ötürmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103, DNP 3.0, BEK 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
• Hadisələr – 512
• Osilloqramlar – 20 (10,5 san üzrə)
• HOT KEY tipli cəld əlçatma düyməsi

MiCOM P145
Xəttin idarəetmə funksiyalı çoxfunksiyalı mühafizəsi
Funksiyaları: 50/51/67, 50N/51N/67N, YN/ADMIT, 49, 46, 46BC, 50BF, 32N, 27, 59, 59N, 74CTS, 81U/O, 81R, 32F, 51V, 64N/87N, VTS/CTS, 79, 25



Tətbiqləri
• OG-li hava və ya kabel xətləri

• YG xətləri üçün ehtiyat istiqamətlənmiş SACM
• YG/OG transformatorlarının maksimal cərəyan mühafizəsi

Функции защиты
• Fazalararası zədələnmələrdən istiqamətlənmiş MCM, 4 pilləli, DT (asılı olmayan dözmə müddətli) və IDMT (tərs asılı dözmə müdətli) xarakteristikalı
• İstiqamətlənmiş SACM, 4 pilləli, DT və IDMT xarakteristikalı
• Ferrantine ölçü transformatoru ilə işləmək üçün həssas SACM, 4 pilləli
• Yerlə qapanmadan məhdud mühafizə (diferensial xarakteristika)
• Sıfır ardıcıllıqlı güc mühafizəsi (Peterson sarğaclı sistem üçün – kompensasiya olunmuş neytrallı)
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginliyə görə mühafizə
• Əks ardıcıllıqlı gərginliyə görə mühafizə
• İstiqamətlənmiş əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi (ƏACM), 4 pilləli
• İstilik modeli əsasında ifrat yüklənmədən mühafizə
• Minimal və maksimal gərginlik mühafizəsi
• Tezliyə görə minimal və maksimal təsirli mühafizə
• Tezliyin dəyişmə sürətinə görə mühafizə df/dt
• Admittansion mühafizə Yo/Go/Bo (keçiriciliyə görə)

Прочие функции
• Avtomatik təkrar qoşma
• İki ölçü girişi- Io
• Sinxronizmə nəzarət - 2 pillə
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açarın idarə olunması
• AİEQ
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• Soyuq işəsalma" funksiyası
• Test rejimi (Daxili nəzarət funksiyası DDB)
• Ölçü dövrələrinə nəzarət
• HOT KEY tipli cəld əlçatma düyməsi
• Üç rəngli LED işıq diodları
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya (standart- F/O seçmə üzrə)

• Uzaq əlaqə üçün ikinci port
• Seçmə üzrə protokollar: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103, DNP3.0, BEK 61850 (KEMA standartı)
• Proqramlaşdırılan məntiq PSL:
• P145 - maks. (24 giriş /32 çıxış)

Yazılma
• Qısaqapanma yerinin aşkar olunması
• hadisələr - 512
• zədələnmələr - 15
• Osilloqramlar – 20 (maks. pəncərə yazılışı 10,5san, format COMTRADE)

MiCOM P211
AG üçfazalı mühərriklərin mühafizəsi
Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 37, 49, 46, 26/38 (P), 48, 50S/51LR





Panelin arxasında montaj üçün versiya şinində versiya (kipləşdirilmiş)

Версия на шину TS35

Tətbiqləri
• AG mühərriklərinin kompleks mühafizəsi.
RIz, RIzc, RIzx tipli relelərlə əvəzlənməsi
• Əlçatan modellər: A, B, C, U. Əhatəli kataliq kartında.

Mühafizə funksiyaları
• İfrat yüklənmədən mühafizə - istilik modeli:
• 20-250 Hs hədlərində parametrlərin təsiredici qiymətlərinin ölçülməsi
• Mühərrikin nominal cərəyanının 0,37 - 80 A qoyuluş diapazonu

• 6xIn cərəyanında verilimiş açma müddəti əsasında təyin olunan zaman sabiti
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan müafizəsi və ya qidalanmanın itməsindən və natamam faza rejimindən mühafizə
• İşəsalmanın ləngiməsindən mühafizə
• Rotorun bloklanmasından mühafizə
• Temperatur mühafizəsi (PTC vericisi ilə)
• Minimal cərəyan mühafizəsi, saatlıq
• SACM
• Paylayıcı qurğunun şinlərində gərginliyin itməsindən sonra öz-özünə işədüşmədən mühafizə
• Ardıcıl işəsalmaların sayının məhdudlaşdırılması

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• İstilik yükü
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan

Digər funksiyalar
• Qidalanmanın sadə qoşulması
• İfrat yüklənmənin ilkin siqnalizasiyası
• 4-ə qədər proqramlaşdırılan rele çıxışları
• 4-ə qədər proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər
• Modbus RTU protokollu RS 485

MiCOM P220
Asinxron mühərrikin pəqəmsal mühafizə komplekti
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 37, 49, 46, 26/38 (RP), 48, 50S/51LR, 66



Tətbiqləri
• AG/OG mühərriklərinin kompleks mühafizəsi

Mühafizənin funksiyaları
• İstilik modeli əsasında ifrat yüklənmədən mühafizə (üstlü arakteristika).
3 zaman sabitinin dəstəyi (işəsalma, işləmə, dayanma), istilik yükünün üç pilləsi–

xəbərdarlıq, açma və bloklama. Qoşma
• Fazalararası zədələnmələrdən üçfazalı üç pilləli MCM
• İki pilləli SACM. Holmgreen sxemində (sıfır məftilində) və ya Ferranti ölçü transformatoru ilə iş
• Ləngiyən işəsalmadan mühafizə. MCM meyarı. İşəsalma cərəyanının qiymətinin ölçülməsi və ya açarın vəziyyətinə nəzarət əsasında işəsalma fazasının tanınması
• Rotorun bloklanmasından mühafizə. MCM meyarı
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi və natamam faza rejimindən iki pilləli mühafizə. Əks ardıcıllıqlı cərəyana nəzarət
• Yükün itməsi; minimal cərəyan mühafizəsinin 1-pilləli meyarı . İşəsalma zamanı bloklama
• Temperatur mühafizəsi. 6 RTD vericisi ilə (Pt, Ni, Cu) birlikdə işləmə və ya 2 termistorla, hər bir xətdə 2 qoyuluş qiymətlə işləmə
• Verilən zaman aralığında ardıcıl işə qoşulmaların sayının məhdudlaşdırılması. Sonuncu düzgün olmayan işəsalmadan sonra qoşulmanın bloklanması. Soyuq və isti vəziyyətlərdə işəsalmalar üçün ayrıca konfiqurasiya

Ölçmələr
• Faza cərəyanları (10-cu harmonikaya qədər)
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• İstilik yükü
• Temperatur

Digər funksiyalar
• 2 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açılmaların statistikası
• Analoq çıxışı
• Qəza işəsalma funksiyası
• Açarın idarə olunması
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər, rele çıxışları və LED işıq diodları
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya
• Verilənlərin ötürülməsi protokolu: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103

Yazılma
• Hadisələr – 250
• Osilloqramlar – 25 (3 san üzrə 1600 Hs)
• İşəsalma cərəyanı (200 san)

MiCOM P225
Asinxron mühərrikin rəqəmsal mühafizə komplekti
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 37, 49, 46, 50BF, 27, 59, 26/38 (P), 48, 50S/51LR, 66, ABS, 74TCS



Tətbiqləri
• Güc və enerjini ölçməklə OG mühərrikin kompleks mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları
• İstilik modeli əsasında ifrat yüklənmədən mühafizə. 3 zaman sabitinin dəstəyi (işəsalma, işləmə, dayanma), 3 pillə istilik yükü – xəbərdarlıq, açılma və qoşmanın bloklanması
• Fazalararası zədələnmələrdən üçfazalı üç pilləli mühafizə
• Yerlə qapanmadan iki pilləli mühafizə
• İşəsalmanın ləngiməsindən mühafizə. Maksimal cərəyan mühafizəsi meyarı
• Rotorun bloklanmasından mühafizə. Maksimal cərəyan mühafizəsi meyarı
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi və natamam faza rejimindən iki pilləli mühafizə. Əks ardıcıllıqlı cərəyana nəzarət
• Yükün itməsi; 1-pillə, pilləli. Minimal cərəyan mühafizəsi meyarı
• Temperatur mühafizəsi.10 RTD vericisi ilə (Pt, Ni, Cu) və ya 3 termistorla hər xətt üçün 2 qoyuluş qiymətli.
• Verilmiş zaman aralığında ardıcıl işəsalmaların sayının məhdudlaşdırılması. Sonuncu səhv işəsalmadan sonra bloklanmanın qoşulması. Soyuq və isti vəziyyətlərdə işəsalmalar üçün ayrıca konfiqurasiya
• Minimal cərəyan mühafizəsi
• Maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətinə nəzarət

Ölçmələr
• Faza cərəyanları (10-cu harmonikaya qədər)
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Gərginlik
• Güclər P, Q, S
• Enerji: aktiv və reaktiv
• İstilik yükü
• Temperatur

Digər funksiyalar
• AİEQ
• 2 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açılmanın statistikası
• 2 analoq çıxışı
• Qəza işəsalma funksiyası
• Açarın idarəetməsi
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər, rele çıxışları və LED işıq diodları
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya
• Ötürmə protokolu: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103

Yazılma
• Hadisələr – 250
• Osilloqramlar – 25 (2,5 san üzrə 1600 Hs)
• İşəsalma cərəyanı (200 san)

MiCOM P241 / MiCOM P242 / MiCOM P243 (diferensial mühafizə funksiyası ilə)
Böyük güclü asinxron və sinxron mühərriklərin rəqəmsal mühafizə komplekti
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 67N, 37, 49, 46, 50BF, 32N, 27 59, 59N, 32R/32F, 81U, 26/38, 48, 50S/51LR, 66, 55, 60/VTS, 87M, 40



Mühafizənin funksiyaları
• Mühərrikin diferensial mühafizəsi (P243)
• İstilik modeli əsasında ifrat yüklənmədən mühafizə. 3 zaman

sabitinin dəstəyi (işəsalma, iş, dayanma).
• Fazalararası zədələnmələrdən üçfazalı iki pilləli MCM
• Yerlə qapanmadan istiqamətlənmiş mühafizə, iki pilləli, asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginlik üzrə mühafizə
• Sıfır ardıcıllıqlı güc mühafizəsi (Peterson sarğaclı sistem üçün – kompensasiya olunmuş neytrallı)
• Ləngiyən işəsalma. MCM meyarı.
• Rotorun bloklanmasından mühafizə. MCM meyarı.
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi və natamam faza rejimindən mühafizə, iki pilləli. Əks ardıcıllıqlı cərəyana nəzarət.
• Yük itkisindən mühafizə; minimal təsirli iki pilləli güc meyarı.
• Temperatur mühafizəsi. 10 RTD verici (Pt, Ni, Cu), hər xətt üçün 2 qoyuluş qiymətli, birlikdə işləmə
• Verilmiş zaman aralığında ardıcıl işəsalmalar sayının məhdudlaşdırılması. Sonuncu səhv işəsalmadan sonra bloklanmanın qoşulması. Soyuq və isti vəiyyətlərdə işə salma üçün ayrıca konfiqurasiya.
• Minimal və maksimal gərginlik mühafizəsi
• Maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətinə nəzarət
• Sinxronizmin itməsindən mühafizə (cos ϕ-yə nəzarət)
• Əks gücdən mühafizə
• Tezlik üzrə minimal təsirli mühafizə
• Təsirlənmənin itməsindən mühafizə

Ölçmələr
• Faza cərəyanları (10-cu harmonikaya qədər)
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan, gərginlik
• Güclər P, Q, S
• Enerji: aktiv və reaktiv
• İstilik yükü
• Temperatur

Digər funksiyalar
• 2 qrup qoyuluş qiymət
• Açarın diaqnostikası
• Açılmaların statistikası
• Qəza işəsalmaları funksiyası

• Açarın idarəetməsi
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər (256 blok AND /OR və taymerlər), rele çıxışları və LED işıq diodları
• 8 giriş/ 7 çıxış (P241)
• 16 giriş/ 14 çıış (P242, P243)
• Kommunikasiya: RS-232/RS-485
• Verilənlərin ötürülmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103, BEK 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
• Hadisələr – 512
• Osilloqramlar – 20 (10,5 san üzrə 1200 Hs)

MiCOM P341
Yığma şinə işləyən kiçik güclü generatorun mühafizəsi
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 67, 67N, 49, 46, 50BF, 27, 59, 59N, 32R/32F, 32O, 32L, 81O, 81U, 81R, VVS, 64N/87N, 60/VTS



Tətbiqləri
• Alçaq və orta gərginlikli kiçik güclü generator. Böyük blokların ehtiyat mühafizələri.

Mühafizə funksiyaları
• Tzliyin dəyişmə sürətinə nəzarət
(df/dt) ROCOF
• Gərginlik ektorunun dəyişməsinə nəzarət
• İstiqamətlənmiş/ istiqamətlənməmiş faza MCM
• İstiqamətlənmiş/ istiqamətlənməmiş SACM
• Həssas istiqamətlənmiş/ istiqamətlənməmiş SACM
• Stator dolağında yerlə qapanmadan mühafizə/ neytralın sürüşmə gərginliyi
• Stator dolağında yerlə qapanmadan məhdud mühafizə
• Minimal və maksimal gərginlik mühafizəsi
• Teliyə görə minimal və maksimal təsirli mühafizə
• əks gücdən, gücün yüksək səiyyəsindən (ifrat yüklənmə), gücün aşağı səiyyəsindən mühafizə

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Faza və fazalararası gərginliklər
• Cərəyan və gərginliyin simmetrik mürəkkəbələri
• Güclər P, Q, S, enerji Ec, Eb
• Orta və maksimal qiymətlər
• Güc əmsalı

Digər funksiyalar
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Cərəyan və gərginlik ölçü dövrələrinə nəzarət
• Vaxtın sinronlaşdırılması üçün seçmə üzrə IRIG-B girişi
• Qoşma zamanı və relenin işləmə prosesində test yoxlaması və özünə diaqnostika
• Açarın vəziyyətinə və aşınmasına nəzarət
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya
• Seçmə üzrə verilənlərin ötürülmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103
• PSL (MiCOM S1) proqramının köməyi ilə mühafizənin konfiqurasiyalaşdırılması
• Proqramlaşdırılan rəqəmsal girişlər (256 məntiqi blok AND/OR, həmçinin taymerlər), rele çıxışları, LED işıq diodları
• 8 giriş/ 7 çıxış (standart)
• I/O əlavə giriş/çıxış plataları – seçmə üzrə

Yazılma
• hadisələr – 250
• zədələnmələr – 5
• osilloqramlar– 20 (hər biri 10,5 san üzrə)

MiCOM P342 / MiCOM P343 / MiCOM P344 / MiCOM P345
Generatorun kompleks mühafizəsi
Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 67N, 49, 46, 50BF, 27, 59, 59N, 27TN/59TN, 87 (G), 32R/32F, 32O, 32L, 81O, 81U, 40, 24, 51V, 21, 64N/87N, 50/27, 78, 26/38, 60/VTS, 47, 81AB, 64S (100% - Gen), CLIO, 64R

Tətbiqləri
• Kiçik və orta güclü generatorlar
• Böyük güclü generator-transformator bloku
• Hidroakkumlyasiya qurğuları

Mühafizə funksiyaları
• Generatorun diferensial mühafizəsi – yalnız P343/4/5 modeli
• Rotor dolağında yerlə qapanmadan mühafizə (P391 əlavə qurğusu)
• Stator dolağında sarğılararası qapanmadan mühafizə
• Stator dolağında yerlə qapanmadan 100% mühafizə: 3-cü harmonika üzrə – yalnız P343/4/5 modeli,
20 Hs tezlikli generatorla (P345)
• İstiqamətlənməmiş MCM faza mühafizəsi
• İstiqamətlənməmiş SACM
• Stator dolağında yerlə qapanmadan gərginliyə görə sıfır ardıcıllıqlı mühafizə
• Həssas istiqamətlənmiş SACM
• Stator dolağında yerlə qapanmadan məhdud mühafizə
• Gərginliyə görə işəsalma ilə MCM və ya distansion mühafizə.
• Minimal və maksimal təsirli gərginlik mühafizəsi
• Tezliyə görə minimal və maksimal təsirli mühafizə
• Əks gücdən mühafizə, gücün azalması və artmasından mühafizə (ifrat yüklənmədən mühafizə)
• Təsirlənmənin itməsindən mühafizə
• Qeyri-simmetrik rejimdən mühafizə
• İfrat təsirlənmədən mühafizə
• Generatorun şəbəkəyə əvvəldən nəzərdə tutulmayan qoşulmasından mühafizə – yalnız P343/4/5 modeli
• Temperaturun ölçülməsi 10 RTD – seçmə üzrə
• Analoq ölçmə CLIO

Ölçmə
• Cərəyan və gərginliklər
• Cərəyan və gərginliklərin simmetrik mürəkkəbələri, sıfır ardıcıllıqlı mürəkkəbələr
• Diferensial tormoz cərəyanları
• U_0 gəeginliyində 3-cü harmonika
• Güc P, Q, S, enerji E_c, E_b
• Temperaturun ölçülməsi, °C

Digər funksiyalar
• 5 Hs-dən 70 Hs-ə qədər tezliyin izlənməsi
• Olçü cərəyan və gərginlik dövrələrinə nəzarət
• Relenin qoşulması və iş prosesində test yoxlaması və öz-özünə diaqnostika
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə kommunikasiya
• Verilənlərin opsional ötürülmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103, DNP 3.0,
BEK 61850 (KEMA sertifikatı)
• Proqramlaşdırılan rəqəmli girişlər (256 AND/OR məntiqi blokları və taymerlər)
• Rele çıxışları, LED diodları
• P342 – 8 giriş / 7 çıxış
• P343 – 16 giriş/ 14 çıxış
• P344 – 16 giriş/ 14 çıxış
• P345 – 24 giriş / 24 çıxış
• Seçmə üzrə əlavə giriş/çıxış kartları

Yazılma
• Hadisələr – 512
• Zədələnmələr – 5
• Osilloqramlar – 20 (10,5 san üzrə maksimal)

MX3EG1A
Generatorun rəqəmsal sinxronlaşdırma qurğusu
Funksiyaları: 25



Tətbiqləri

• Generatorun şəbəkəyə və ya cərəyansızlaşdırılmış şinə qoşulmasına növbəti icazə ilə tezliyə və gərginliyə nəzarət
• Turbinin tənzimləyicisinə və generatorun təsirlənməsinə idarəedici təsirlərin ötürülməsi (paralel işə qoşulma şərtlərinin gözlənilməsi ilə)
• Açma dövrəsinin sazlığına nəzarət
• Xarici siqnallarla işləmək üçün binar girişlərin konfiqurasiyalaşdırılması: sinxronlaşma rejimi-şinlərin vəziyyətinə dair informasiya (gərginlik altında olan şinlərə və ya cərəyansızlaşdırılmış şinlərə qoşulma), açarların vəziyyətinə və ya mümkün nasazlıqlara dair informasiyalar
• Generator və şəbəkənin fazalararası gərginliyində iki müxtəlif girişə qoşulma

Ölçmələr

• Yığma şin tərəfdən gərginlik və tezlik
• Generator tərəfdən gərginlik və tezlik
• Faza sürüşməsi
• Gərginliyin ilkin qiymətləri

Digər funksiyalar

• 2 qrup qoyuluş qiymətlər
• Test yoxlaması funksiyası: LED diodları, çıxış kontaktlarının qapanması
• 5 binar girişlər, 6 rele çıxışları (5 sərbəst konfiqurasiya olunan, 1 sazlığa nəzarət relesi)
• 12 LED diodu (mühafizə funksiyası üçün 8 sərbəst konfiqurasiya)
• Hər bir açma pilləsi üçün sayğaclar
• Qabaq paneldə FK (PC) vasitəsilə porta kommunikasiya (EOC12 tipli optik lifli kabel vasitəsilə)
• Gövdənin yerinə yetirilməsi: IP52 qabaq panel üçün (IP66 seçmə üzrə)
• Дистанционный обмен данными через последовательный интерфейс по магистрали

Lonwork™ (1,25 Mb/san) və ya MODBUS (RS-485) magistralı üzrə ardıcıl interfeys vasitəsilə verilənlərin distansion mübadiləsi

Yazılma
• hadisələr – 32
• zədələnmələr – 8
• osilloqramlar: 1 (600 Hs, 2,5san üzrə)

MX3PG2A
Generatorun rəqəmsal mühafizəsi (rotorun mühafizəsi)
Funksiyaları: 64R, 27DC, 59DC, 50/51



Tətbiqləri
• Rotor dolağında yerlə qapanmadan mühafizə

Mühafizə funksiyaları
• Torpaqlayıcı fırça vasitəsilə rotor dolağında kiçik qiymətli dəyişən gərginliyin (50 Hs) qondarma prinsipi üzrə yerlə qapanmadan mühafizə
• Qondarma gərginliyinin qiymətinə nəzarət
• Yerlə qapanma aktiv müqavimətinə nəzarət edən iki müstəqil qoyuluş qiymət
• Asılı olmayan zaman xarakteristikalı MCM
• İki asılı olmayan minimal gərginlik (sabit gərginlik) mühafizəsi
• İki asılı olmayan maksimal gərginlik (sabit gərginlik) mühafizəsi

Ölçmələr
• Qondarma gərginliyinin qiyməti
• Dövran cərəyanı
• Yerlə qapanma aktiv müqaiməti
• Sabit gərginlik

Digər funksiyalar

• Geniş diapazonda sabit cərəyanın qiymətini ölçmək üçün nəzərdə tutulmuş giriş
• Ani və ya dözmə müddətli təsirli rele siqnalizasiya çıxışı
• İki qrup qoyuluş qiymət, aşağıdakılar ilə qoşulur: klaviatura, rəqəmsal giriş və ya kommunikasiya portu vasitəsilə
• 3 binar giriş, 6 rele çıxışı
• 12 LED işıq diodu (8 sərbəst konfiqurasiyalı mühafizə funksiyası üçün)
• Lonwork™ (1,25 Mb/san) və ya MODBUS (RS-485) magistralı üzrə ardıcıl interfeys vasitəsilə distansion kommunikasiya

Yazılma

• hadisələr – 32
• zədələnmələr – 8
• osilloqramlar: 1
• sayğaclar və LED diodları

MiCOM P433 / MiCOM P435

Yüksək gərginlik şəbəkələri üçün universal distansion mühafizə

Funksiyaları: 50/51, 50N/51N, 67N, 49, 50BF, 79, 27, 59, 59N, 32R/32F (F), 81O, 81U, 81R, 21, 78, 26/38 (R), 25, 74TCS



Tətbiqləri

• YG xətlərinin mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları

• Distansion mühafizə:
• Dairəvi və poliqonal xarakteristika
• 6 distansiya zonası
• 7 istiqamətlənmiş zona
• 8 zaman zonası
• İşəsalma: MCM, minimal gərginlik mühafizəsi və tam müqavimətin azalmasınan mühafizə
• Gərginliyin dərin azalması zamanı „yaddaş üzrə” iş
• Maksimal cərəyan mühafizəsi:

• Ehtiyat (ölçü gərginlik dövrələrinin nasazlığı aşkar edildikdə işə daxil edilir)
• Asılı olmayan dözmə müddətli, 4 pillə, ayrı-ayrı faza cərəyanları və I_0 cərəyanı üçün.
• Tərs asılı dözmə müddətli, ayrı-ayrı faza cərəyanları və I_0 cərəyanı üçün.
• Minimal və maksimal təsirli gərginlik mühafizəsi
• Yerlə qapanmadan mühafizə, Vattmetrik
• Tezliyə görə mühafizə: f /df/dt / Δf/Δt
• Gücə görə istiqamətlənmiş mühafizə
• İfrat yüklənmədən istilik mühafizəsi
• Yerlə qapanmadan mühafizə

İdarəetmə funksiyaları
• 6 konfiqurasiya düyməsi

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Faza və fazalararası gərginlik
• Aktiv və reaktiv güc
• Aktiv və reaktiv enerji

Digər funksiyalar
• ATQ avtomatikası:
• (ÜATQ) – P433
• (BATQ/ ÜATQ) – P435
• AİEQ
• Qısaqapanmaya qoşulmanın məntiqi müşahidəsi
• Sərhəd qiymətləri siqnalizasiyası
• Əks sonluq ilə qarşılıqlı əlaqə (teleсəldləşdirmə ilə iş)
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Cərəyan ə gərginlik dövrələrinə nəzarət
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi
• Proqramlaşdırılan girişlər/çıxışlar/işıq diodları
• maksimum 16 giriş/ 30 çıxış (P433/P435-40TE)
• maksimum 28 giriş/ 46 çıxış (P435-84TE)
• analoq giriş/ çıxış modulu (opsional)

• 3 kommunikasiya portu (seçmə üzrə)
• Kommunikasiya protokolları: BEK 60870-103 / -101 /Modbus /DNP3.0 / BEK 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
• Qısaqapanma – 8x200 hadisə
• İfrat yüklənmələr – 8x200 hadisə
• Yerlə qapanma – 8x200 hadisə
• Osilloqram – 8 yazı (1kHs)
• Açarın vəziyyətinə nəzarət
• Sinronizmə nəzarət (seçmə üzrə)
• Yırğalanma zamanı bloklanma

MiCOM P437
Tam sxemli disatansion mühafizə
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 67N, 49 ,50BF, 79, 27, 59, 59N, 32R/32F (F), 81O, 81U, 81R, 21, 78, 26/38 (R), 25, 74TCS



Tətbiqləri
• BH YG xətlərinin mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları
• Distansion mühafizə:
• Dairəvi və ya poliqonal xarakteristika
• 6 distansiya zonası
• 7 istiqamətlənmiş zona
• 8 zaman zonası
İşəsalma: MCM, minimal gərginlik mühafizəsi və tam müqavimətin azalmasınan mühafizə
• Gərginliyin dərin azalması zamanı „yaddaş üzrə" iş
• Maksimal cərəyan mühafizəsi:
• Ehtiyat (ölçü gərginlik dövrələrinin nasazlığı aşkar edildikdə işə daxil edilir)
• Asılı olmayan dözmə müddətli, 4 pillə, ayrı-ayrı faza cərəyanları və I_0 cərəyanı üçün.

• Tərs asılı dözmə müddətli, ayrı-ayrı faza cərəyanları və I_0 cərəyanı üçün.
• Minimal və maksimal təsirli gərginlik mühafizəsi
• Tezliyə görə mühafizə: f /df/dt / Δf/Δt
• İfrat yüklənmədən istilik mühafizəsi
• Yerlə qapanmadan mühafizə

İdarəetmə funksiyaları
• 6 konfiqurasiyalı düymə

Ölçmələr
• Faza cərəyanları
• Sıfır ardıcıllıqlı cərəyan
• Faza və fazalararası gərginlik
• Aktiv və reaktiv güc
• Aktiv və reaktiv enerji

Прочие функции
• ATQ avtomatikası (BATQ/ ÜATQ)
• Sinxronizmə nəzarət (seçmə üzrə)
• Yıqğalanmalar zamanı bloklanma
• Paralel xətlərin yerlə qapanma cərəyanının kompensasiyası (opsional)
• AİEQ
• Qısaqapanmaya qoşulmanın məntiqi aşkar edilməsi
• Sərhəd qiymətləri siqnalizasiyası
• Distansion mühafizə üçün əks sonluq ilə qarşılıqlı əlaqə (telecəldləşdirmə ilə iş)
• Yerlə qapanmadan cərəyan mühafizəsi üçün əks sonluq ilə qarşılıqlı əlaqə (telecəldləşdirmə ilə iş)
• 4 qrup qoyuluş qiymət
• Cərəyan və gərginlik dövrələrinə nəzarət
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi
• Proqramlaşdırılan girişlər/ çıxışlar/ işıq diodları maksimum 28 giriş/ 46çıxış
• Analoq giriş/ çıxış modulu (opsional)
• 3 kommunikasiya portu (seçmə üzrə)
• Kommunikasiya protokolları: BEK 60870-103 / -101 /Modbus /DNP3.0 / BEK **61850 (KEMA sertifikatı)**

Yazılma
• Qısaqapanma – 8x200 hadisə
• ifrat yüklənmə – 8x200 hadisə
• yerlə qapanma – 8x200 hadisə
• osilloqram – 8 yazı (1kHs)
• açarın vəziyyətinə nəzarət

MiCOM P443 ho İşləmə vaxtı 1 tsikldən aşağıdır!!!!
Cəld təsirli tam sxemli distansion mühafizə
Funksiyaları: 21P/21N, 50/27, ΔI/ΔV, 68, 78, 85, 50/51/67, 79, 25, 46, 46BC, 50N/51N/67N, 67SEF, 49, 27, 59, 59N, 50BF, CTS/VTS, 81U/O/R, FL



Tətbiqləri
• YG/AG hava və kabel xətləri üçün tam sxemli distansion mühafizə

Mühafizə funksiyaları
• Bir (P443) və/ və ya üçfazalı məntiqi açma
• Bir və/və ya üçfazalı sinxronizmə nəzarət ilə ATQ avtomatikaı
• Beş distansiya zonası
• ΔI/ΔU alqoritmi
• Mho (dairəvi) və ya dördbucaqlı xarakteristika
• Yükün itməsindən mühafizə
• Gücün yırğalanmasından siqnal və ya bloklanma
• İstiqamətlənmiş/istiqamətlənməmiş maksimal cərəyan mühafizəsi
• İstiqamətlənmiş/istiqamətlənməmiş SACM
• Əks ardıcıllıqlı cərəyana görə istiqamətlənmiş/istiqamətlənməmiş mühafizə
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginliyə görə mühafizə
• Minimal və maksimal təsirli gərginlik mühafizəsi
• Qısaqapanmaya qoşulma və ATQ tsiklində açılma
• Asinxron rejimdən mühafizə (out of sep)

Измерения
• Genişlənmiş ölçmələr
• I, U, P, Q zaman qiymətləri
• Orta qiymətlər və sorğular
• Telecəldləşməli mühafizə üçün əlaqə kanalının diaqnostikası və nəzarət

Прочие функции
• Məftilin qırılmasından müafizə
• Gərginlik və cərəyan ölçü dövrələrinə nəzarət
• Paralel xətlərin sıfır ardıcıllıqlı cərəyanlarının kompensasiyası
• 1-ci zonanın genişlənmə mümkünmüyü
• Yükdən kənarlaşdırma ilə xarakteristika
• "Qısa sahə" mühafizəsi, İstilik ifrat yüklənmədən mühafizə/ istilik modeli
• AİEQ
• Açarın parametrlərinə nəzarət
• Qoyuluş qiymətlərinin dörd qrupu
• Seçmə üzrə (maks. 8 ədəd) güclü açıcı kontaktlar (10A/220V DC)
• HX-nin əks tərəfi ilə qarşılıqlı əlaqə - InterMiCOM64 - opsional
• Binar siqnalların bilavasitə ötürülməsi (maks. 8 kanal)
• Üç sonlu xətt sxemlərində tətbiq
• 1 və ya 2 kanal FO (ST standartı)
• „HOT KEYS" „HOT KEYS" tipli cəld əlçatan düymələr
• Opsional ötürmə protokollatı: Courier, BEK 60870-5-103, DNP 3.0, BEK 61850 + RS-485 (Courier / BEK -103)
• Uzaq kommunikasiya üçün ikinci port
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi (MiCOM S1 paketindən PSL qrafik proqramının köməyi ilə)
• P443 A: 16 giriş / 24 çıxış - A
• P443 B: 24 giriş / 32 çıxış - B
• Əlavə giriş/ çıxış plataları – seçmə üzrə

Yazılma
• Zədələnmə yerinin təyini
• hadisələr - 512
• zədələnmələr - 15
• osilloqramlar - 20 (maks. 10,5 san üzrə)

MiCOM P521
Diferensial cərəyan mühafizəsi



Funksiyaları: 87L, 87T, 50/51, 50N/51N, 46, 46BC, 50BF, 37, 74TCS

Tətbiqləri
• Yüksək və orta gərginlikli hava və kabel xətlərinin diferensial cərəyan mühafizəsi
• Xətt – transformator sxemi

Mühafizə funksiyaları
• Tormozlanması olan diferensial mühafizə
• Alçaq impedanslı mühafizə
• 3 fazalı açma məntiqi
• Əks tərəfdə açma: düz və icazəverici
• Xəttin tutum cərəyanından mühafizə
• Maqnitlənmə cərəyanlarının sıçrayışlarından bloklanma
• Dözmə müddətli MCM
• 4 pilləli faza MCM
• 4 pilləli CACM
• İstilik ifrat yüklənmədən mühafizə / istilik modeli
• Naqilin qırılmasından mühafizə
• Əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• Minimal cərəyan mühafizəsi

Ölçmələr
• Təsiredici qiymətlərin ölçülməsi
• Faza cərəyanları
• Yerlə qapanma cərəyanları
• Cəryan mürəkkəbələri
• Diferensial və tormozlama cərəyanları
• H-nin əks tərəfindəki cərəyanlar
• Sorğu cərəyanlarının qiymətləri
• Kommunikasiya parametrlərinin statistikası (verilənlərin mübadiləsi)

Digər funksiyaları
• Optik lifli portlar (ST)
• 850 nm – çoxmodalı kabel
• 1300 nm – çoxmodalı kabel
• 1300 nm – çoxmodalı kabel
• Multipleksor ilə birlikdə işləmə
• P590 modullarının köməyi ilə elektrik interfeysinə çeirmə
• EAI232 modemləri
• Standart telefon əlaqə xətləri
• mDSL tipli əlaqə xəttinin TD32 tipli EAI485 / EAI422 / EAI 530 modemləri
• Campus Baseband tipli (56/64kbit/san, 18 km-ə qədər maksimal məsafə) sürətli modemlər vasitəsilə məftilli əlaqə xətləri
• AİEQ
• Açma dörəsinə nəzarət
• Açarların açılmasına nəzarət
• Distansion ötürmə opsional protokolları: Modbus, BEK 60870-5-103
• Lokal kommunikasiya: RS-232
• İşəsalma zamanı testlər

Yazılma
• hadisələr – 75
• zədələnmələr – 5
• osilloqramlar – 5 (1600Hs, 3san üzrə)
• COMTRADE yazı formatları

MiCOM P543 / MiCOM P544 / MiCOM P545 / MiCOM P546
Xəttin diferensial cərəyan mühafizəsi
Funksiyalr: 50/51, 50N/51N, 67, 67N, 49, 46BC, 50BF, 79, 87L, 21P/21N, 27, 68, 78, 85, 59, 59N, CTS/VTS, 25, 81O/U, 81R, FL



Tətbiqlər
• Opsional distansion mühafizəli YG/OG hava və kabel xətlərinin əsas mühafizəsi
• İki və ya üç sonlu hava və ya kabel xətlərinin mühafizəsi
• Xətt – transformator blokunun mühafizəsi
• SDH/SONET şəbəkələrində işləmə

Mühafizə funksiyaları

• İki ölçü transformatorlu sxem (P544, P546)
• Diferensial-cərəyan: faza cərəyanı, amplitudun təshihi, faza bucağının kompensasiyası, transformatorun maqnitlənmə cərəyanın sıçrayışlarından bloklanma (2-ci harmonika üzrə)
• Faza və istiqamətlənmiş MCM/istiqamətlənməmiş CACM
• Akti gücə görə yerlə qapanmadan mühafizə
• İstilik ifrat yüklənməsində mühafizə
• Həssas sıfır ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• 5 zonalı distansion mühafizə – seçmə üzrə
• Gücün yırğalanmasından mühafizə
• Asinron rejimdən mühafizə (out of step)
• Naqilin qırılmasından mühafizə (natamam faza cərəyanından mühafizə)

Ölçmələr

• Xəttin bütün sonları üzrə cərəyanların qiymətləri
• Simmetrik mürəkkəbələr
• Güc və enerji
• Diferensial və tormoxlama cərəyanları
• İstilik yükünün vəziyyəti
• Kanalda dözmə müddəti

Digər funksiyalar

• Əlaqə kanallarının ehtiyatlandırılması
• Kanalda dözmə müddətinin kompensasiyası
• Tutum cərəyanının kompensasiyası
• Transformatorun birləşmə qrutlarının kompensasiyası
• AİEQ əlaqə kanalının köməyi ilə telecəldləşdirmə/teleaçma əmrlərinin qəbulu və ötürülməsi
• Sinxronizmə nəzarət ilə ATQ
• Telecəldləşmə sxemli mühafizə funksiyası - 2 qrup
• Cərginlik və cərəyan ölçü dövrələrinə nəzarət
• Dörd qrup qoyuluş qiymət
• Güclü açıcı kontaktlar (10A/220V DC) seçmə üzrə (maks.8 ədəd) - P543/4/5/6
• Optik lifli kabel (nöqtə-nöqtə) və ya multipleksor vasitəsilə kommunikasiya

• Telecəldləşmə/teleaçma üçün InterMiCOM64 interfeysi
• Binar siqnalların ötürülməsi - hər kanala maks. 8 siqnal (2 kanal üçün 6 siqnal)
• Opsional ötürmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103, DNP 3.0, BEK 61850 + RS-485 (KEMA sertifikatı)
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi (MiCOMS1 paketindən PSL qrafik redaktoru)
• P543/4/5/6 – min. 16 giriş /14 çıxış
• Əlavə giriş/ çıxış modulları

Yazılma
• Zədələnmə yerinin təyini
• Əlaqə kanallarının nasazlığı
• hadisələr – 512
• açılmalar – 15
• osilloqramlar – 20 maks. 10,5 san ilə
• COMTRADE yazı formatı

MiCOM P631 / MiCOM P632 / MiCOM P633 / MiCOM P634
Uniersal diferensial mühafizə
Funksiyalar: 50/51, 50N/51N, 49, 87 (T), 81O, 81U, 81R, 24, 64N/87N, 26/38 (R), 74TCS, 50BF



Tətbiqlər
• Transformatorların, mühərriklərin və generatorların mühafizəsi üçün əlavə funksiyalı diferensial mühafizə.

Mehafizə funksiyaları
• Diferensial mühafizə
• Amplitud və faza təshihi, transformatorun birləşmə qrupunun nəzərə alınması
• Seçilmiş dolaqlar üçün sıfır ardıcıllıqlı cərəyan filtrasiyası
• Maqnitlənmə cərəyanların sıçrayışları zamanı bloklanma (2-ci harmonika üzrə)
• İfrat təsirlənmədən bloklanma (5-ci harmonika)
• Doyma diskriminatoru
• MiCOM P631: 2-ci dolaq (tərəf)
• MiCOM P632: 2-ci dolaq(tərəf)

• MiCOM P633: 3-cü dolaq (tərəf)
• MiCOM P634: 4-cü dolaq (tərəf)
• Mühafizə olunan obyektin ayrı-ayrılıqda hər bir tərəfi üçün yerlə qapanmadan məhdud mühafizə (P632/3/4)
• Maksimal cərəyan mühafizəsi: asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli xarakteristikalı, 3 pilləli, faza və I_0 cərəyanları üçün ayrılıqda
• hesabat və ya ölçü qiymətləri əsasında I_0 cərəyanının ölçülməsi (P632/3/4)
• İstilik yüklənməsindən mühafizə (2 tərəf üçün)
• Tezliyə görə mühafizə: f, df/dt, $\Delta f/\Delta t$ (P632/3/4)
• İfrat təsirlənmədən mühafizə U/f

İdarəetmə funksiyaları
• 3 aparatın idarəetməsi və nəzarət
• Qabaq paneldə 6 konfiqurasiya olunan düymə
• Əlavə siqnalların və ölçü qiymətlərinin nəzarəti
• Xanalara əməliyyat nəzarəti
• ana semlərinin 80 şablonu

Ölçmələr
• Differensial və tormozlama cərəyanları
• Faza cərəyanları (mühafizə olunan obyektin hər bir fazası və hər bir tərəfi üçün ayrılıqda)
• Yerlə qapanma cərəyanı – mühafizə olunan obyektin ayrılıqda hər bir tərəfi üçün
• Ayrı-ayrı faza cərəyanları arasında sürüşmə bucağı
• Mühafizə olunan obyektin hər tərəfindəki eyni adlı fazalar arasındakı sürüşmə bucağı
• Gərginlik (P632/3/4)

Digər funksiyalar
• Sərhəd qiymətlərinin siqnalizasiyası
• 4 qoyuluş qiymət qrupu
• Proqramlaşdırılan məntiqi iş
• Proqramlaşdırılan giriş/ çıxış/işıq diadları
• Analoq giriş/çıxış modulları (seçmə üzrə)
• 3 kommunikasiya portu

• Kommunikasiya protokolları: BEK 60870-103 / -101 / Modbus / Courier / DNP 3.0 / BEK 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
• Osilloqramlar – 8 yazı (1kHs)
• İfrat yüklənmələr – 8x200 hadisə
• Zədələnmələr– 8 x 200 hadisə

MiCOM P132
TYA funksiyalı gərginlik mühafizəsi
Funksiyalar: 27, 59, 47, 27D, 59, 59N, 81O, 81U, 81R, Δf/Δt



Tətbiqlər
• Orta gərginliki paylayı qurğular ölçü gərginlik transformatorları xanalarında tətbiq üçün gərginlik və tezlik mühafizəsi

Mühafizə funksiyaları
• Minimal və maksimal təsirli faza üzrə gərginlik mühafizəsi
• Minimal və maksimal təsirli düz ardıcıllıqlı gərginlik (U1) mühafizəsi
• Əks ardıcıllqlı gərginliyin (U2) yüksəlməsindən mühafizə
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginliyin (Uo) yüksəlməsindən mühafizə
• UFF və ya UFZ sxemlərində gərginliyə nəzarət
• Tezliyə görə mühafizə (4 pillə)
• dəyişmə sürətinə df/dt nəzarət etməklə;
• orta dəyişmə sürətinə (Δf/Δt) nəzarət etməklə

Ölçmələr
• Faza gərginlikləri
• Fazalararası gərginliklər
• Düz, əks və sıfır ardıcıllıqlı mürəkkəbələr

Digər funksiyalar
• Sərhəd qiymətlərinin siqnalizasiyası
• 4 qoyuluş qiyməti qrupu
• Ölçü dövrələrinə nəzarət

• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi
• Proqramlaşdırılan girişlər/ çıxışlar/ işıq diaodları
• (xgiriş / 8 çıxış) və ya (4 giriş / 14 çıxış) və ya (10 giriş/ 11çıxış)
• 3 kommunikasiya portu (seçmə üzrə)
• Kommunikasiya protokolları: BEK 60870-103 / -101 / Modbus/ DNP 3.0/BEK 61850 (KEMA sertifikatı)

Yazılma
• osilloqramlar – 8 keçid (1kHs)

MiCOM P921
Gərginlik mühafizəsi
Funksiyaları: 27, 59, 59N



Tətbiqlər
• Asılı olmayan və ya tərs asılı dözmə müddətli zaman xarskteristikalı gərginlik mühafizəsi komplekti

Mühafizə funksiyaları
• Gərginliyin azalmasından asılı olmayan və ya tərs asılı dömə müddətli xarakteristikalı üçpilləli mühafizə
• Gərginliyin yüksəlməsindən asılı olmayan və ya tərs asılı dömə müddətli xarakteristikalı üçpilləli mühafizə
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginliyin yüksəlməsindən asılı olmayan və ya tərs asılı dömə müddətli xarakteristikalı üçpilləli mühafizə

Ölçmələr
• Gərginlik
• Tezlik

Digər funksiyalar
• İşləmə (qoşulma sxemləri) :
  - Faza gərginliyi
  - İki fazalararası gərginlik + Uo
  - 2 faza gərginliyi + Uo
  - 1 fazalararası gərginlik + Uo

- 1 qoyuluş qiyməti qrupu

• Açarın əziyyətinə nəzarət
• Mühafizə bloklanması məntiqi
• Proqramlaşdırılan – 2 rəqəmsal giriş, 4 rele çıxışı, işıq diodları
• Çıxış relelərinin tutulması
• RS-232 və RS-485 standartı üzrə əlaqə
• Ötürmə protokolları: Courier, Modbus, BEK 60870-5-103

MiCOM P741
Yığma şinlərin rəqəmsal mühafizəsi və AİEQ - paylanmış
Funksiyaları: 87BB/P, 87BB/N, 87CZ, 50/51, 50N/51N, CTS, 50BF



Mərkəzi blok



Periferiya bloku MiCOM P742



Periferiya bloku MiCOM P743

Tətbiqlər
• 110/220/330 kV sistemәmәlәgәtirici və paylayıcı elektrik qurğularında tətbiq üçün yığma şinlərin mühafizəsi və AİEQ
• Sənaye müəssisələri şəbəkələrində və elektrik stansiyalarında quraşdırılma (o cümlədən, generatorların reversiv işi zamanı)
• 1,5 və 2 açaqlı sxemlər, həmçinin dördbucaqlı sxemlər.

Mühafizə funksiyaları
• Tormozlanması olan diferensial mühafizə P741(CU)
• Nəzarət zonası CZ (P741)
•AİEQ
• (3 fazalı açılma) P741 (CU)
• Ölü zona mühafizəsi (açılmış açar və ölçü cərəyan transformatoru arasındakı qısa sahə)
• İstiqamətlənməmiş maksimal cərəyan mühafizəsi P742/743

- fazalı (iki pillə)
- yerlə qapanmadan (iki pillə)

• AİEQ (1 və 3 faza təkrarı) P742/3

Измерения
• Mərkəzi qurğu (P741)
- Diferensial cərəyan: Idiff/ faza/ zona
- Tormozlama cərəyanı: Ibias/ faza/ zona
- Nəzarət zonası: cərəyanlar Idiff/faza

• Səyyar qurğu (P742/P743)
- Faza cərəyanları: IL1, IL2, IL3
- Yerlə qapanma cərəyanı: I_0
- Tezlik

Digər funksiyalar
• 8 zonaya qədər konfiqurasiya mümkünlüyü və mərkəzi qurğuya 28 xətt (P741)
• Paylanmış və ya mərkələşdirilmiş struktur
• Qısaqapanmanın cəld aşkar olunması (tipik açma müddəti 13 msan)
• Elektrik qurğusu sxeminin topologiya dəyişmələrinə dinamik adaptasiya
• Ölçü cərəyan transformatorlarının doymasının müşahidəsi üçün novatorlu alqoritmlər
• Transformasiya əmsallarında 40 dəfəyə qədər fərq olan müxtəlif tipli ölçü tranformatorlarının tətbiqi mümkünlüyü
• Əl çatan testləmə funksiyası
• Verilənlərin opsional ötürmə protokolları: Courier, BEK 60870-5-103, МЭК 61850 (P741, P743)
• İkinci ardıcıl port RS-232/RS-485 (yalnız Courier) P741, P743 üçün
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi
• (MiCOMS1 paketindən PSL qrafik redaktoru)
• P741 - 8 giriş / 8 çıxış
• P742 - 16 giriş / 8 çıxış
• P743 - 24 giriş / 21 çıxış

Yazılma
• hadisələr – 512
• zədələnmələr – 5
• osilloqramlar – 20
- P742/P743 üçün 10,5 san
- P741 üçün 1,2 san

MiCOM P132 / MiCOM P139
EAQ qurğusu



Avadanlığın platforması

• EAQ qurğusu MiCOM P132 (və ya MiCOM P139) proqramlaşdırılan məntiqi rele bazasında həyata keçirilir.

İşləmə prinsipi

Əsas iki iş rejimi reallaşdırılır:

• Əsas gərginliyin azalmasına dair informasiya ölçü gərginlik xanasındakı gərginlik relesindən (məsələn, MiCOM P921) P13x rəqəmsal girişinə ötürülür, hansı ki, məntiqi EAQ-ni işə buraxır. Tsikl gedişində P13x öz çıxış relesi və rəqəmsal girişləri vasitəsilə zəruri idarəedici əmrləri verir. İstifadəçi tərəfindən aşağıdakı variantlardan birini seçməklə EAQ-nin işəburama meyarı seçilə bilər:

• Ölçü gərginlik transformatoru xanasındakı mühafizədən gərginliyin azalmasına dair xarici siqnal üzrə

• qidalandırıcı gərginliyin mühafizəsinin işləməsi və giriş açarının əziyyətinin dəyişməsinin fiksasiyası faktı üzrə

• sistem əmri vasitəsilə - distansion.

Əsas qidalanma açarının vəziyyətinə dair informasiya əsasında P13x ehtiyatın növünü yoxlayır (aşkar və ya qeyri-aşkar) və avtomatik olaraq EAQ-nin iş rejimini və yerinə yetirilən əmrlərin ardıcıllığını seçir. Releni həm bir dəfəli EAQ, həm də öz-özünə qayıtmalı EAQ ilə işləmək üçün proqramlaşdırmaq olar.

EAQ-ni aşağıdakı siqnallar vasitəsilə bloklamaq olar:

• Mühafizə qurğusundan və digər birləşmələrin idarəetmə qurğularından rəqəmsal girişə verilən xarici siqnallar;

• Açarın vəziyyətinə nəzarət funksiyasından və ya müvəffəq tsiklin yerinə yetirilməsindən sonra daili siqnallar;

• Nəzarət və idarəetmə sistemindən.

Əgər seksiya açarı xanasında mühafizə tələb olunmursa, P13x mühafizə funksiyaları olmayan öz rəqəmsal giriş və rele çıxışlarını istifadə edə bilər.
• 2 paralel işləyən P13x qidalandırıcı xanalarda quraşdırılır.
Bu halda, yuxarıda qeyd olunanlardan başqa, rele qidalandırıcı xəttin mühafizəsi funksiyasını yerinə yetirəcək.

MiCOM P841. Bir və ya iki açar ilə işləmə
Xəttin ATQ qurğusu
Funksiyalar: 79, 25, 50/51/67, 50N/51N/67N, 51N/67N/SEF, 67/46, 46BC, 49, 27, 59, 59N, 50BF, CTS/VTS, 81U/O/R, FL\



Tətbiqlər
• YG/AG hava və kabel xətləri üçün ehtiyat mühafizə
• Bir açar üçün 1/3 fazalı ATQ (P841A) və ya iki açar üçün (P841B).

Mühafizə funksiyaları
• Bir və/və ya üçfazalı ATQ avtomatikası
• İstiqamətlənmiş SACM
• Həssas istiqamətlənmiş SACM SEF
• Yükün itməsindən mühafizə
• İstiqamətlənmiş/istiqamətlənməmiş MCM
• • İstiqamətlənmiş/istiqamətlənməmiş əks ardıcıllıqlı cərəyan mühafizəsi
• Sıfır ardıcıllıqlı gərginliyə görə mühafizə
• Maksimal və minimal təsirli gərginlik mühafizəsi
• Qısaqapanmaya qoşulma və ATQ tsiklində açılma
• Asinxron rejimdən mühafizə (out of step)

Ölçmələr
• Genişlənmiş ölçmələr
• I, U, P, Q, ... ani qiymətlər
• Orta qiymət və sorğu
• Enerji

Digər funksiyalar
• Məftilin qırılmasından mühafizə
• Cərəyan və gərginlik ölçü dövrələrinə nəzarət
• İstilik ifarat yüklənmə (model)
• AİEQ
• Açarın parametrlərinə nəzarət
• Dörd qoyuluş qiymətləri qrupu
• Opsional güclü açıcı kontaktlar (110/220V DC) (maks. 8 ədəd)
• Telecəldləşdirmə/teleaçma üçün InterMiCOM64 interfeysi
• Binar siqnalların birbaşa ötürülməsi
• Üçsonlu xətli sxemlərdə tətbiq
• 1 və ya 2 optik əlaqə kanalı (ST standartı)
• „HOT KEYS" tipli cəld əlçatma düyməsi
• Seçmə üzrə ötürmə protokolları: Courier, BEK 60870-5-103, DNP 3.0, BEK 61850 + RS-485 (Courier / МЭК -103)
• Distansion kommunikasiya üçün ikinci port
• Proqramlaşdırılan işləmə məntiqi (MiCOM S1 paketindən PSL qrafik redaktoru)
• P841 - 24 giriş / 32 çıxış

Yazılma
• Zədələnmə yerinin təyini
• hadisələr - 512
• zədələnmələr - 15
• osilloqramlar- 20 (макс. по 10,5 с)

MiCOM P594
Vaxtın sinxronlaşdırılması üçün universal GPS modulu



Tətbiqlər
• Bütünlükdə obyektin/paylayıcı qurğunun mühafizə, yazan cihazlar və ya RTU üçün real zamanın IRİG-B standartı üzrə sinxronlaşdırılması (modulyasiya olunmuş və ya modulyasiya olunmamış rejim)
• Diskret giriş üzrə (məsələn, Px20 seriyası faza 2 V11, Px30, Px40) bütünlükdə obyektin/paylayıcı qurğunun mühafizə, yazan

cihazlar və ya RTU üçün real zamanın sinxronlaşdırılması
• SDH/SONET tipli şəbəkələrdə (optik lifli əlaqə kanalı) işləyən P543/4/5/6 tipli diferensial-cərəyan mühafizəsi üçün cərəyanların ölçülərinin sinxronlaşdırılması.
61850-9-2 protokolu üzrə NCIT ölçü transformatorları ilə işləyən CVCOM Merging Unit tipli qurğularda cərəyanların ölçülərinin sinxronlaşdırılması.
• PMU (Phasor Measurement Unit) tipli qurğularda ölçülərin sinronlaşdırılası

Digər informasiyalar
• Qabaq panel vasitəsilə (LCD indikatoru) parametrlərin qoyulması
• Siqnalizasiya üçün 8 işıq diodu əlçatandır
• „watchdog" tipli 2 servis kontaktı əlçatandır
• 4 optik lifli çıxış əlçatandır (P543/4/5/6 üçün)
• 1 IRIG-B çıxışı (modulyasiya olunmuş), BNC tipli
• 1 IRIG-B çıxışı (modulyasiya olunmamış), RS422 tipli
• 4 çıxış relesi (konfiqurasiya imkanı ilə)
• Dəqiqədə (PPM) və ya hər saatda (PPH) bir dəfə impuls
• Antenna və kabel ilə çatdırılan modul (25m və ya 50m)
• Uniersal qidalanma Vx ac/dc
• Kip montaj üçün gövdə MiCOM 20TE

Easergy T200I
SCADA sistemi ilə kommunikasiya funksiyalı OG/OG və OG/AG paylayıcı qurğuların idarə olunması və nəzarəti qurğusu



Tətbiqlər
• 4-36 kV-luq kabel şəbəkələri
• OG şəbəkələrinin idarə olunması
• Standart paylayıcı qurğu ilə birgə iş (məsələn, RM6 və s.)
• Şəbəkə parametrlərinin uzaqdan monitorinqi
• Xarici IED qurğusunun Modbus protokolu vasitəsilə monitorinqi
• Zədələnmə cərəyanının istiqamətini göstərən xarici qurğularla birgə iş

• Paylayıcı qurğu aparatlarına nəzarət və idarəolunması
• Qidalanmanın çevrilməsi avtomatikası (daxili)

Funksiyalar və ölçmələr
• Kabel xəttində işçi cərəyanların ölçülməsi
• Kabel xəttində zədələnmə cərəyanlarının ölçülməsi və siqnalizasiya
• OG və ya AG tərəflərdə gərginliyə nəzarət və ölçülməsi

Kommunikasiya
• 3 kommunikasiya portu əlçatandır:
seçmə üzrə 2 distansiya və 1 Ethernet
• Distansiya şəbəkəsi: radio, PSTN, GSM/GPRS, Ethernet
• Lokal şəbəkə: RS485 Modbus
Kommunikasiya protokolları: BEK 870-5-101 və BEK 870-5-104, DNP3

Digər funksiyalar
• Web - server vasitəsilə uzaqdan xidmət və konfiqurasiyalaşdırma
• Əlaqə kanalları vasitəsilə idarəetmə sistemi ilə birlikdə verilənlərə daxil olma: GSM, GPRS, Ethernet, PSTN
• Easergy qurğusu üçün L500 sistemi ilə birgə iş
• Akkumulyatorun sazlığına nəzarət
• Qidalanmaya aparat nəzarəti
• SCADA sisteminə xəbərdarlıq siqnallarının ötürülməsi
• Lokal və distansion iş rejiminin seçilməsi
• Ümumi təyinatlı 6 binar giriş
• FPI funksiyası üçün 1 binar girişi
• FPI üçün 1 rele çıxışı
• Xarici yanıb-sönən lampanın işəsalınması üçün 1 rele çıxışı (50 m görüntü, saniyədə bir dəfə yanıb-sönmə)
• Avtomatik seksiyalandırma funksiyası
• Generatorun qoşulma əmri ilə EAQ avtomatikası
• Paralel işləmə
• Hadisələrin yazılması və ölçmələr
• 5 növ sayğac
• Zədələnmə cərəyanının daxili detektoru
• Stansiyada 4, 8 və ya 16 ayırıcı ilə birlikdə işləmə
• Ölçü transformatorları
• Ölçü dövrələrinin qoşulması üçün ayrılmış birləşmə.

Power Logic ION7550 / ION7650
Şəbəkə parametrlərinin genişləndirilmiş analizatoru– A dəqiqlik sinfi



Tətbiqlər
• Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin və effektiliyinin analizi
• Qidalanmanın etibarlılığına nəzarət
• Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin analizinin ION Enterprise genişləndirilmiş istemi ilə birlikdə işləmə

Ölçmələr
• Yüksək dəqiqlik və sürətlə true RMS (təsiredici) qiymətinin hesablanması
• (1/2 period) üçfazalı və ayrılıqda hər bir faza üçün ölçmələr (gərginlik, cərəyan, aktiv və reaktiv güc, güc əmsalı, tezlik və gərginlik və cərəyanların asimmetriyası)
• Orta, minimal və maksimal qiymətlərin təyin olunması (Güc, cərəyan, gərginlik)

Texniki parametrlər
• 16 binar girişi
• 4 rele çıxışı
• 8 analoq çıxışı – seçmə üzrə

Kommunikasiya
• Ethernet 10/100Base-T/TX/FX protokolar Modbus TCP, ION, BEK 61850
• RS232/RS485 с поддержкой протоколов Modbus
RTU master/slave, ION, DNP3 protokollarına dəstəkləməklə RS232/RS485
• Qabaq paneldə optik lifli port
• Server WW/e-mail/SNMP/XML
• FPI daxili sönmə üçün 1 binar girişi
• FPI xarici sönmə üçün 1 rele çıxışı
• Xarici yanıb-sönən lampanın işəsalınması üçün 1 rele çıxışı (görüntü 50 m, saniyədə bir dəfə yanıb-sönmə)
• Avtomatik seksiyalandırma funksiyası

• Generatorun qoşulması əmri ilə EAQ atomatikası
• Paralel işləmə

Hadisələrin yazılması və ölçmələr
• 5 növ sayğac
• Zədələnmə cərəyanının daili detektoru.
• 4, 8 və ya 16 ayırıcı ilə birlikdə işləmə
• Ölçü transformatorları
• Ölçü dövrələrinin qoşulması üçün ayrılmış birləşmələr

Digər parametrlər
• PN-EN 62053-22 standartına uyğun olaraq güc və enerji üçün 0,2S dəqiqlik sinifi
• PN-EN 61000-4-30 standartına uyğun olaraq (KEMA və PSL laboratoriyasının təsdiq etdiyi) elektrik enerjisinin keyfiyyəti parametrlərinin ölçülməsi üçün A sinifi
• PN-EN 61000-4-7 standartına uyğun olaraq gərginlik və cərəyan harmonikalarının ölçülməsi
• Gərginlik və cərəyan harmonikalarının fərdi analizi (ION7650 H511-yə qədər və ION8800A H63-ə qədər)
• PN-EN 50160 standartına uyğun olaraq qidalandırıcı gərginliyin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi funksiyası
• ½ period dəqiqlik ilə gərginliyin uçurumu və yüksəlməsinin aşkar olunması (10 msan)
• 20 µsan davamiyyətlə qısamüddətli həyacanlanmaların yazılması
• Periodda (51 kHs) 1024 ölçmə tezliyi ilə osilloqraf funksiyası
• Vaxtın sinxronlaşdırılması GPS
• Verilənlər və xəbərdarlıq siqnalları üçün 10 MB daxili yaddaş
• Əlavə qoyulmuş displey LCD – real zaman rejimində ölçmələrə daxilolma
• Harmonikaların spektral analizi, gərginlik və cərəyanların diaqramları
• İstifadəçi ekranların yaradılması

Texnika elmləri doktoru, professor
YUSİFBƏYLİ NURƏLİ ADİL OĞLU

Texnika elmləri namizədi, dosent
QULİYEV HÜSEYNQULU BAYRAM OĞLU

ELEKTRİK SİSTEMLƏRİNİN AVTOMATİKASI

Yığılmağa verilib .... Çapa imzalanıb.........
Formatı 60x84 1/16. Həcmi 28,625
ç.v. Sifariş №...
Tirajı 500 nüsxə.
Əla növ kağız.